



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

도시계획학 석사학위논문

광역전철의 적정 요금수준 추정:
경춘선의 ITX-청춘을 사례로

An Estimation of Optimal Metropolitan Railway
Fares on an Regional Multimodal Traffic
Corridor:
A Case Study of "ITX-Cheongchun"

2013년 2월

서울대학교 환경대학원
환경계획학과 교통관리전공
김 범 식

광역전철의 적정 요금수준 추정:

경춘선의 ITX-청춘을 사례로

지도교수 김 성 수

이 논문을 도시계획학 석사학위 논문으로 제출함
2012년 10월

서울대학교 환경대학원
환경계획학과 교통관리전공
김 범 식

김범식의 도시계획학 석사 학위논문을 인준함
2012년 12월

위 원 장 이 영 인 (인)

부위원장 장 수 은 (인)

위 원 김 성 수 (인)

국 문 초 록

2012년 2월 25일 서울시에서는 900원이던 성인기준 시내 대중교통 요금을 150원 인상하는 정책을 발표하였다. 이는 2007년 4월 이후 약 4년 9개월 만의 요금인상이지만 서울시의 대중교통 운영적자는 2005년 5,506억 원에서 2011년 9,115억 원으로 누적적자가 35,089억 원에 달해 요금인상은 불가피한 선택이었다. 서울시는 2012년 「대중교통 운영기관 경영혁신과 요금조정 계획」에서 적자 9,115억 원 중 1,021억 원을 운수업체의 경영혁신을 통해, 3,126억 원을 요금조정을 통해 해소한다고 발표하였다. 하지만 여전히 4,966억 원이 재정 부담으로 남으며 이를 해소하기 위해선 대중교통 기본요금의 388원 인상이 필요하지만 시민부담을 최소화하기 위해 150원만 인상하기로 결정했다. 그러나 이는 기존의 요금이 현재의 통행특성과 수요를 잘 반영하지 못했다는 반증이기도 하다. 현재 대중교통의 요금결정은 수입이나 효율적인 운영에 대한 부분보다 물가안정이나 정치상황, 단순 요율을 고려한 인상억제 정책이 주를 이룬다. 이에 본 연구에서는 새로운 수단(ITX-청춘)을 대상으로 적정한 요금수준은 어느 정도인지 추정하고 현재 요금과 얼마나 괴리가 있는지를 알아보는 것을 목적으로 하였다. 특히 요금 변화에 따른 경쟁수단의 수요와 수입의 변화, 그에 따른 운영자, 정부, 사회적 관점의 적정 요금수준의 관점에서 연구를 진행하였다.

본 연구에선 네트워크를 단순화 시킨 후 ITX 요금과 수단선택 모형을 이용해 수단분담률을 추정, O/D를 이용해 각 지역간 수단별 통행량을 추정하였다. 추정된 통행량은 다시 대중교통 운영자, 정부, 사회적 관점에서 수입과 사회적 편익의 변화를 알아보는데 이용되며

이 때 운영자의 입장에선 해당 수단에 의한 요금수입을, 정부의 입장에선 세금과 보조금을, 사회적 관점에선 사회적 후생의 변화에 대해 중점적으로 살펴보았다. 운영자의 관점에서 적정요금은 해당 수단의 요금수입을 최대화 하는 요금이며 이는 다시 해당 수단의 수요와 요금에 직접적 영향이 있다. 정부의 관점에서 적정요금은 세금(유류세)과 보조금(고속도로 보조금), 철도 운영수입을 최대화 하는 요금수준으로 결정되며 승용차, 철도의 통행량과 요금에 밀접한 관계가 있다. 마지막으로 사회적 관점에서의 적정요금은 전체 통행자의 후생변화와 기타 외부비용이 최대가 되는 요금이며 전체 수단에 대한 수요, 요금에 직접적인 영향을 받는다. 이처럼 특정 수단의 요금은 해당 수단의 수요 뿐 아니라 다른 경쟁수단, 나아가 사회적 후생 변화와도 유기적인 관계를 갖는다고 할 수 있다.

분석 결과 ITX 요금수입의 극대화 조건에서 본다면 용산-춘천까지 ITX 요금은 현재 6,900원 보다 약 5.1배 높은 35,190원이 가장 적절한 요금수준이라고 할 수 있으며 철도 운영기관의 관점에선 ITX 요금이 현재수준의 515%일 때 적정하다고 분석하였다. 정부의 관점에서 바라본 이익은 현재 요금보다 585% 높은 요금수준일 때 최대가 되는 것으로 나타났으나 현실적으로 요금을 5배 이상 인상하기란 어려우며 모형에서 정책적 상황을 반영할 수 없어 이러한 결과가 나왔다고 할 수 있다. 반면 사회적 편익의 변화 관점에서 봤을 때 적정 요금은 현재 요금 수준인 6,900원 보다 10% 저렴한 6,210원 으로 나타났다. 이는 계획요금(9,800원) 대비 30% 인하된 현재 시행중인 요금체계와 비슷한 요금이다. 즉, 현재 시행중인 할인요금은 기존 계획된 요금보다 사회적으로 편익이 더 크다는 것을 의미하고 현재 적정한 요금수준으로 운행이 되고 있다는 것을 의미한다. 다시 말하면 운영기관의 관점, 정부의 관점은 모두 요금이 상승할수록 수입, 이익

이 모두 상승하나 특정 지점부터 다시 감소하는 형태를 띤다. 이 지점의 요금을 운영기관의 수입, 정부의 이익이 최대가 되는 요금이라 하며 현재 요금수준부터 약 5~6배 요금이 인상될 때 까지 운영기관과 정부는 현재보다 높은 수입을 얻을 수 있다. 반면 사회적 관점에서 봤을 때 ITX 요금은 현재 시행중인 요금 수준보다 10% 낮은 요금이 적정하며 현재 요금보다 요금이 인상될 경우 통행자 후생의 감소, 철도 보조금의 증가로 인해 전체 사회적 편익은 계속 감소하게 된다.

하지만 본 연구에서는 요금의 추정방법에 있어 휴리스틱 방법을 적용하였기 때문에 추정한 요금을 전역해라 할 순 없다. 네트워크와 교통수단 또한 실제 존재하는 네트워크와 수단을 이용해 현실을 모사하였지만 계산이 가능하도록 최대한 단순화 시켰기 때문에 적지 않은 오차가 발생할 여지도 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구가 의미있는 이유는 기존에 관행적으로 여겨지던 효율에 의한 요금산정에서 벗어나 교통 수요와 요금수입, 사회적 편익을 모두 고려한 요금을 산정한 것에 있다.

주요어 : 대중교통 요금, ITX, 다항로짓모형, 보상변화
학 번 : 2010-23869

목 차

I. 서 론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 대상 및 범위	3
3. 연구의 구성	4
II. 관련이론 및 선행연구 고찰	5
1. 대중교통 요금수준에 관한 연구	5
1) 총괄원가방식	5
2) 공정보수방식	6
3) 한계원가 가격방식	6
2. 요금과 운영기관 수입에 관한 연구	9
3. 요금과 사회적 편익에 관한 연구	10
4. 선행연구의 시사점	11
III. 방법론의 정립	13
1. 방법론의 가정 및 개요	13
1) 가 정	13
2) 개 요	17
2. 수단선택모형	18
1) 기본 형태	18
2) 효용함수의 설정	19

3. ITX 요금의 변화에 따른 영향	20
1) 철도공사 수입의 변화	20
2) 정부 수입의 변화	22
3) 사회적 후생의 변화	24

IV. 자료의 구축 31

1. 연구의 대상지역	31
2. 수단선택 모형	32
1) 모형의 선택	32
2) 파라미터의 수정	33
3. 대상지역 기초자료	35
1) 대상지역의 교통량	35
2) 대상지역의 통행 속도	37
3) O/D의 보완 및 수정	38
4. 통행비용	40
1) 승용차	40
2) 대중교통	41
5. 운영비용	42
1) 고속도로 운영비용 자료	42
2) 철도 운영비용 자료	42
3) 버스 운영비용 자료	43
6. 외부비용	44
1) 사고비용	44
2) 대기오염비용	46

V. 요금의 변화에 따른 적정 요금수준 추정	47
1. 개 요	47
2. 모형을 이용한 현황모사	47
1) 수단분담률 현황	47
2) 현재 요금수준에서 수입 및 편익 산출	48
3) 요금변화에 따른 수단분담률 변화	50
3. ITX 요금의 변화에 따른 적정요금 추정	52
1) ITX 수입의 극대화	52
2) 운영기관 수입의 극대화	54
3) 정부의 관점	56
4) 사회적 관점	58
VI. 결 론	62
1. 연구의 결론	62
2. 연구의 한계 및 향후 연구과제	64
참고문헌	66
[부록 1] 존간 수단별 통행거리	69
[부록 2] 존간 수단별 통행시간	70
[부록 3] KTDB O/D	71
[부록 4] 수정된 O/D	72
[부록 5] 수단별 요금(현재)	73

표 목 차

<표 III-1> 지역별 대표시설	14
<표 III-2> 대상지역의 선택가능 수단, 경로, 대안	14
<표 IV-1> 수단선택 파라미터에 대한 기존 연구	32
<표 IV-2> 수단고유 상수의 수정	34
<표 IV-3> 관측통행량 자료 현황	35
<표 IV-4> 2011년 서울~춘천 고속도로 구간 교통량	36
<표 IV-5> 2011년 서울~춘천 일반국도 구간 교통량	37
<표 IV-6> 도로별 통행 속도	37
<표 IV-7> 서울~춘천 간 교통수단 도입시기	38
<표 IV-8> 서울~춘천 간 교통수단 도입에 따른 경쟁수단 통과 교통량	39
<표 IV-9> KTDB O/D와 실제 탑승자료의 비교	39
<표 IV-10> 기존 O/D와 수정된 O/D의 통행량 비교	39
<표 IV-11> 승용차의 유류소비 비용	40
<표 IV-12> 대중교통 통행비용	41
<표 IV-13> 도로유형별 교통사고 발생비율	44
<표 IV-14> 도로부문의 교통사고비용 원단위	45
<표 IV-15> 광역전철 교통사고 발생비율	45
<표 IV-16> 철도부문의 교통사고비용 원단위	45
<표 IV-17> 차종별, 속도별 대기오염비용	46
<표 V-1> 관측수단 분담률과 모형수단분담률의 비교	47
<표 V-2> ITX와 광역전철의 수입에 영향을 주는 요소	48
<표 V-3> 정부의 수입에 영향을 주는 요소	49

<표 V-4> 사회적 후생에 영향을 주는 요소	50
<표 V-5> ITX 요금변화에 따른 수단분담률 변화	50
<표 V-6> ITX 요금의 변화에 따른 ITX 요금수입의 변화	52
<표 V-7> ITX 요금의 변화에 따른 한국철도공사 요금수입의 변화	54
<표 V-8> ITX 요금의 변화에 따른 정부 이익의 변화	56
<표 V-9> ITX 요금의 변화에 따른 사회적 편익의 변화	58
<표 V-10> 여러 관점 별 ITX 적정요금 추정결과	61

그 립 목 차

<그림 II-1> 일반적인 산업의 비용곡선과 수요곡선	7
<그림 II-2> 비용체감산업의 비용곡선과 수요곡선	8
<그림 III-1> 연구 진행순서	17
<그림 IV-1> 분석 대상지역	31
<그림 V-1> ITX 요금의 변화에 따른 수단분담률의 변화	51
<그림 V-2> ITX 요금의 변화에 따른 ITX 요금수입과 수요의 변화	53
<그림 V-3> ITX 요금의 변화에 따른 운영기관 요금수입과 수요의 변화	55
<그림 V-4> ITX 요금의 변화에 따른 정부 이익의 변화	57
<그림 V-5> ITX 요금의 변화에 따른 사회적 편익의 변화	59
<그림 V-6> ITX 요금의 변화에 따른 운영기관, 정부, 사회적 편익의 변화	60

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

2012년 2월 25일 서울시에서는 900원이던 성인기준 시내 대중교통 요금을 150원 인상하는 정책을 발표하였다. 이는 2007년 4월 이후 약 4년 9개월 만의 요금인상이지만 시민들은 대중교통 기본요금이 1,000원을 넘는다면 거세게 반발하였다. 하지만 서울시의 대중교통 운영적자는 2005년 5,506억 원에서 2011년 9,115억 원으로 누적적자가 35,089억 원¹⁾에 달해 요금인상은 불가피한 선택이었다. 얼마 지나지 않아 지하철 9호선 역시 2012년 6월 16일부로 1,050원 이던 9호선 기본요금을 500원 인상하는 요금조정안을 내놓았다. 결국 여론의 못매를 맞으며 9호선 요금인상은 무위로 끝났지만 이제 대중교통의 적자는 무시할 수 있는 수준을 넘어섰다는 데에는 모두가 공감하였다. 서울시는 발표자료²⁾에서 적자 9,115억 원 중 1,021억 원을 운수업체의 경영혁신을 통해, 3,126억 원을 요금조정을 통해 해소한다고 발표하였다. 하지만 여전히 4,966억 원이 재정부담으로 남으며 이를 해소하기 위해선 대중교통 기본요금의 388원 인상이 필요하지만 시민부담을 최소화하기 위해 150원만 인상하기로 결정했다고 한다. 그러나 이는 기존의 요금이 현재의 통행특성과 수요를 잘 반영하지 못했다는 반증이기도 하다.

1), 2) 대중교통 운영기관 경영혁신과 요금조정 계획(2012. 2. 2, 서울시)

현재 버스요금은 「여객자동차 운수사업법」 제 8조에 의해 운송사업자가 요금관련 의견을 건의하거나 시 자체 계획에서 요금조정안을 마련하고 물가대책위원회의 심의를 거쳐 요금기준을 결정하게 된다. 지하철의 경우도 버스와 유사한 절차를 거치며 「도시철도법」 제 15조를 근거로 운송기관, 물가대책위원회, 시의회를 거쳐 요금이 결정되게 된다. 광역철도 역시 「공공요금산정기준」 「철도운임산정기준」에 의해 철도공사에서 매년 적정원가를 산출, 운임상한의 변경이 필요한 경우 국토해양부장관에게 승인요청을 하며 국토해양부장관은 「철도사업법시행령」 제 4조에 따라 ‘철도산업위원회’를 개최하여 심의를 한다. 다시 국토해양부장관은 내부방침과 ‘철도산업위원회’의 심의결과에 따라 「물가안정에 관한 법률」 제 4조 제 1항과 「철도사업법」 제 9조에 따라 기획재정부장관과 철도운임 상한에 대해 협의한다. 이를 통해 철도운임 상한이 지정되면 철도공사에서는 상한 지정된 요율 범위 내에서 철도운임을 정하고 국토해양부에 신고하는 절차를 거친다.

이처럼 요금결정은 대중교통의 수입이나 효율적인 운영에 대한 부분보다 물가안정이나 정치적 상황, 단순 요율을 고려한 인상억제 정책이 주를 이룬다. 특히 2004년 7월 1일 서울시의 버스 준공영제 실시 이후 운송업체는 경영혁신에 의한 이윤추구보다 정부의 재정지원에 의한 경영의존이 높아져 경영 개선의지가 미약한 상태이며 정부의 재정지원금은 날이 갈수록 높아지는 실정이다. 버스의 실정이 이러하다 보니 비슷한 수준을 맞춰야 하는 광역전철의 경우도 상황은 크게 다르지 않다.

Fitch(1964)는 도시교통에 있어 ‘요금’이 가지는 세 가지 역할에 대해서 다음과 같이 정의하고 있다.

- ① 수입의 수단
- ② 적정 요금을 이용한 수요와 공급의 조절
- ③ 가스, 수도의 계량기와 같은 자원의 경제적 사용을 위한 측정장치

이처럼 요금은 다양한 역할을 수행하고 있지만 현재는 단순히 수송원가와 물가상승률을 이용한 요금결정 방법을 택하고 있어 요금이 가지는 순기능을 이용하지 못하고 있다. 대중교통 요금은 공공재적 성격을 보여 인상이 쉽지 않은 것이 사실이지만, 본 연구에서는 실제 적정한 요금수준은 어느 정도인지 추정하고 현재 요금과 얼마나 괴리가 있는지를 알아보는 것을 목적으로 하였다. 본 연구에서는 새로운 수단(ITX-청춘)의 요금 변화에 따른 경쟁수단의 수요와 수입의 변화, 그에 따른 운영자, 정부, 사회적 관점의 적정 요금수준에 대해 알아볼 것이다.

2. 연구의 대상 및 범위

본 연구의 지리적 범위는 ITX-청춘의 영향권인 서울시, 남양주시, 가평군, 춘천시로 한정하였다. 대상지역은 현재 승용차(일반국도 46호, 서울~춘천 고속도로), 시외버스, 시내버스, 경춘선 광역전철(이하 광역전철) 그리고 얼마 전 개통한 준 고속열차(EMU 열차) ITX-청춘으로 이동 가능하다. 사례분석은 2012년 2월 28일 개통 예정인 ITX-청춘(Intercity Train eXpress, 이하 ITX)의 요금을 대상으로 하였다. ITX는 8량 1편성으로 영업최고속도 180km/h에 용산-

춘천 간 요금 9,800원, 청량리-춘천 간 요금 8,600원으로 운행할 예정이었다. 당초 한국철도공사(이하 철도공사)는 ITX 요금에 대해 다른 교통수단과의 형평성 등을 고려해 정부고시 상한액(km당 108.02원)의 93% 수준(km당 100.5원)에서 결정한 것이라 밝혔으나³⁾ 이는 수요 및 통행 특성을 고려하지 않은 단순 효율에 의한 요금 결정이라 할 수 있다. 결국 철도공사는 높은 요금으로 사회적 반발이 크자 2012년 말까지 30% 할인된 요금인 6,900원과 6,000원으로 운행을 시작하고 추후 정식 요금을 결정하기로 했다.

3. 연구의 구성

본 연구에서는 단순 효율에 의한 요금이 아니라 운영자, 정부, 사회적 관점을 고려한 보다 현실성 있고 설득력 있는 적정 요금수준을 추정해 현재 요금수준과 비교하는데 목적이 있다. II장에서는 현재 국내·외에서 실시하고 있는 요금결정 방법과 정부 및 사회적 관점에서 요금의 변화에 따른 편익의 변화 연구에 대해 선행연구를 고찰하며 시사점을 도출한다. III장에서는 본 연구에 적합한 방법론을 연구, 요금변화에 따른 운영기관, 정부, 사회적 관점의 수입, 편익 변화에 관해 논의한다. IV장에서는 연구 대상지역에 대한 자료수집 및 모형 정산 결과에 대해 알아보고 V장에서는 모형을 적용, 각 시나리오에 따른 적정 요금수준을 추정한다. 마지막으로 VI장에서는 추정된 적정 요금수준을 현재 요금수준과 비교, 합리적인 요금에 대해 논의한다.

3) 한국철도공사 광역철도본부 운임제도, 할인을 안내 <http://k-subway.korail.com/main/mainSub.do?mCode=A0066>

II. 관련이론 및 선행연구 고찰

1. 대중교통 요금수준에 관한 연구

대중교통 요금을 결정하는 단계는 크게 요금수준 결정과 요금체계 결정으로 나뉠 수 있다. 여기서 요금수준이란 요금의 총액을 뜻하며 요금체계란 서비스사용자가 부담하는 개별요금을 뜻한다. 본 연구에서는 요금수준 결정 중 공공요금 수준의 결정에 초점을 맞추어 관련 이론을 살펴보았다.

1) 총괄원가방식

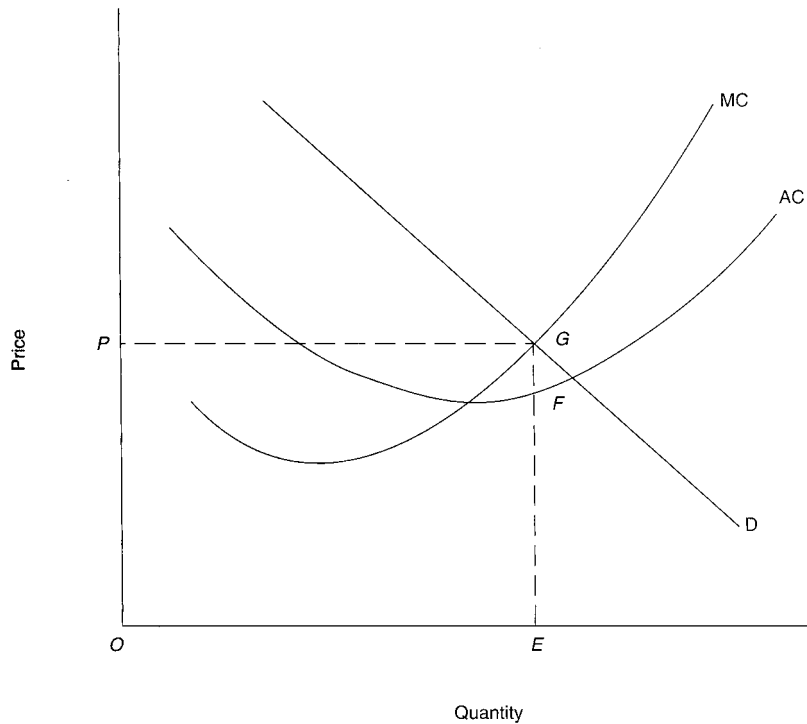
현재 국내의 철도요금결정은 총괄원가방식(Cost-Plus Pricing)에 기초하고 있다. 여기서 총괄원가란 사업에서 소요되는 모든 비용의 실산액을 뜻하는데 여기에는 영업비, 감가상각비, 제세금 등 기업운영에 필요한 모든 비용에 사채이자, 차입금이자, 주식배당금 예정액 등이 포함되어 있다. 총괄원가방식에서 총 요금수입은 「총 요금수입=총괄원가」라고 나타낼 수 있다. 그러나 원가를 계산하는 방식으로는 일반적으로 표준원가가 사용되는데 정확한 계산이 어려워 과거의 실적원가를 기준으로 하는 경우가 많다. 총괄원가방식은 단순하고 이해가 쉬우며 적자가 발생하지 않지만 원가 이상의 수익을 내기 힘들어 경영능률 향상에 대한 동기부여가 떨어지는 단점이 있다.

2) 공정보수방식

공정보수방식의 경우 사업에 필요한 원가 외에 소비자 편익을 위해 사용되고 있는 자산의 공정가치에 대해 적절한 공정투자보수율을 적용, 경영능률 향상에 동기부여를 제공하는 요금수준 결정방식이다. 공정보수방식은 서울시 버스준공영제에서 업체 수익률 결정시 일부 반영하고 있으며 과거의 실적에 의존하는 것이 아니라 투자된 자본에 의한 일정률의 공정투자보수율을 적용, 공공요금의 안정적 관리가 가능한 장점이 있다.

3) 한계원가 가격방식

Hotelling(1938)에 의해 제기된 한계원가를 기준으로 한 요금결정 방식은 한계비용과 수요가 만나는 지점의 요금을 사용자의 지불용의액(Willingness to pay)의 최대로 보며 이 때 자원의 배분과 사회적 편익은 최대가 된다고 정의하고 있다. 일반적인 시장의 경우 한계비용은 평균비용보다 높으며 단일 요금을 채택할 때 요금이 한계비용과 동일하다면 회사는 이익을 낼 수 있다.



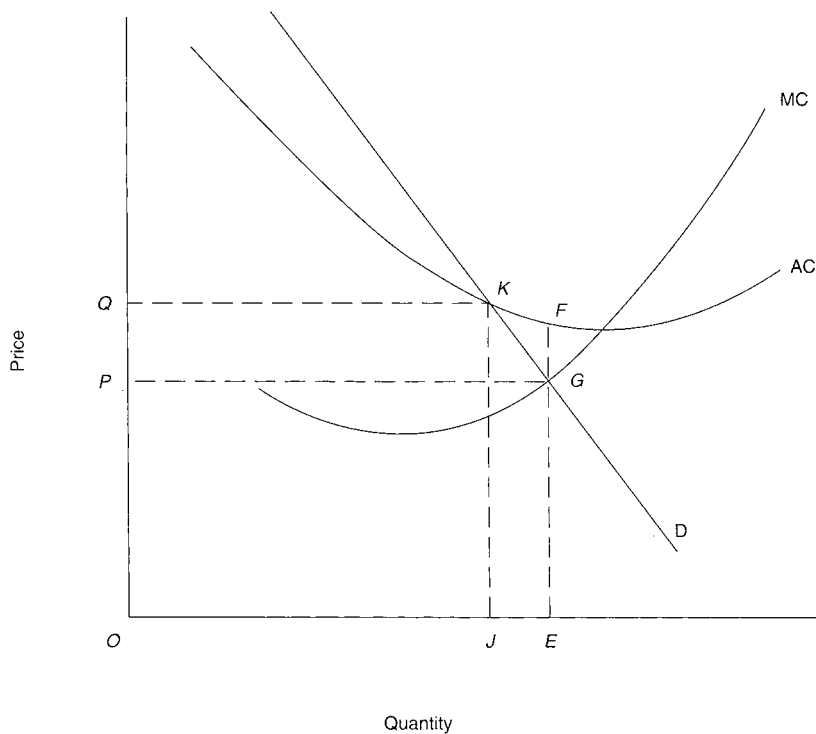
Black(1995)

<그림 II-2> 일반적인 산업의 비용곡선과 수요곡선

위 그림에서 요금과 생산량은 수요곡선(D)과 한계비용곡선(MC)이 만나는 점(G)에서 결정된다. 이럴 경우 생산량은 OE가 되고 이 때 평균 이익은 EG, 평균 비용은 EF가 돼 재화 한 단위 당 FG만큼의 순이익이 발생하게 된다.

그러나 대중교통의 경우 다른 형태의 시장형태를 띄고 있다. 수요곡선은 일반적으로 평균비용보다 한계비용이 낮을 때 한계비용곡선과 접하게 되며 이 때 요금을 한계비용과 동일하게 설정할 경우 평균 이윤은 평균비용보다 낮게 돼 전체 이윤은 전체 비용에 미치지 못하고 회사는 이익을 창출하지 못하게 된다. 이를 비용체감산업(Decreasing Cost Industry)이라고 하며 일반적으로 고정비용이 높

고 변동비용이 낮은 대중교통에 적용이 된다. 특히 대중교통의 경우 일반적으로 한계용량만큼 운영을 하지 않기 때문에 한계비용이 평균 비용보다 낮다. 이 경우 경제학에선 한계비용 대신 평균비용만큼 요금을 책정하게 되는데 이럴 경우 전체 이윤은 전체 비용과 같아져 회사는 손익분기점에 도달하게 된다.



Black(1995)

<그림 II-3> 비용체감산업의 비용곡선과 수요곡선

비용체감 산업에서 수요곡선(D)과 한계비용곡선(MC)이 만나는 점 (G)은 경제적으로 효율적인 생산량과 요금이라고 할 수 있다. 하지만 OE만큼 생산했을 때 평균 비용(EF)은 평균 이익(EG)보다 높으며 재화 한단위당 FG만큼의 손실이 발생하게 된다. 반면 수요곡선

(D)와 평균비용곡선(AC)이 만나는 점(K)은 손익분기점이지만 재화를 구매하려는 사람들(JE)은 더 높은 지불용의액을 지니고 있으므로 경제적으로 효율적인 가격이라고 할 수 없다. 또 생산량이 결정된 점에서 한계비용과 평균비용의 차이(FG)는 평균적자라고 할 수 있으며 이 부분에 대해서 외부(정부 및 지자체)에서 보전해 주는 것을 보조금이라 한다.

2. 요금과 운영기관 수입에 관한 연구

Viton(1994)은 민자도로 건설시 운영기관의 수입을 극대화 하는 모형을 이용해 민자도로의 요금을 추정하였다. 도로이용자를 차종별, 시간대별로 구분하여 로짓모형을 이용한 수단선택모형과 BPR함수를 이용한 통행시간의 변화를 이용, 건설비와 유지관리비를 고려한 민자도로의 적정 요금을 추정하였다. 시카고와 캔자스시티를 연결하는 도시간 고속도로(50 mile), 도시고속도로(10 mile) 두 시나리오를 이용해 분석을 실시하였으며 적정요금을 부과할 때 민자도로와 일반도로의 통행시간이 비슷한 수준으로 나타났다.

Inturri, Ignaccolo(2011)는 혼잡통행료, Park&Ride, 도심 주차요금을 3개의 노드와 2개의 링크를 이용, 네트워크를 단순화 시켰고 BPR 함수와 다항로짓모형을 이용해 적정 요금을 추정하였다. 본 연구에서는 ① 도심 주차요금 징수 ② 도심 주차요금, 혼잡통행료 징수 ③ 교통량이 적을 때 도심 주차요금, 혼잡통행료, Park&Ride 요금 징수, ④ 교통량이 많을 때 도심 주차요금, 혼잡통행료, Park&Ride 요금 징수 4가지 시나리오를 분석하였다. 여기서 혼잡통

행료, Park&Ride, 도심 주차요금 징수기관은 모두 같은 기관으로 가정하였으며 최적 요금은 기관의 전체 이익이 최대가 될 때로 가정하였다. 이 때 이익은 시설의 요금수입과 시설의 운영비용의 차로 정의된다.

3. 요금과 사회적 편익에 관한 연구

전미현(2002)은 서울시에서 3가지 수요관리방안(도심진입료, 10부제, 버스전용차로제)이 시행될 경우를 가정, 형평성 측면(소득계층별 보상변화)과 효율성 측면(사회적 후생효과)에서 분석하고 타당성을 검토하였다. 수요관리방안이 시행되기 전인 1996년의 가구통행실태 조사 자료를 활용하여 로짓모형 계수를 추정하였고 수요관리방안이 시행된 후의 새로운 분담률을 추정, 다시 노선배정을 수행하는 단계를 거친다. 그 후 최종 수단선택모형을 이용해 소득계층별 보상변화를 도출하여 형평성 측면의 효과를 분석하였고, 효율성 측면의 사회적 후생효과도 분석하였다. 이 중 형평성 효과는 계층별 통근자의 보상변화를 이용해 산출하였으며 세 대안 모두 시행할 만한 타당성이 있는 것으로 나타났다.

De jong(2006)은 네덜란드 도시간 급행철도인 Rondje Randstad의 편익을 보상변화와 기존의 Rule of a half 방법을 비교·분석하였다. 분석 결과 기존 방법론을 이용해 구한 편익과 비슷한 결과를 도출하였으나 훨씬 쉬운 방법으로 결과를 도출할 수 있었다.

Huang(2002)는 승용차와 대중교통 2가지 수단이 통행 가능한 가

상의 네트워크를 만들어 최적 요금을 추정하였다. 수단선택 모형으로 이항로짓모형을 이용하였으며 순 사회적 편익(Net Social Benefit)이 최대가 되는 요금을 목적함수로 모형을 구축하였다. 순 사회적 편익은 한계통행편익(Marginal Trip Benefit)과 사회적비용의 차를 이용하였다. 여기서 한계통행편익은 모든 수단을 이용하는 통행자에게 기대 가능한 편익을 보상변화를 이용해 추정하였으며 사회적비용은 노동, 연료, 일반운영경비와 같은 변동비용과 건설비용, 초기운영비용과 같은 고정비용을 모두 포함하였다. 요금을 조절하지 않는 경우, 고속도로 요금과 대중교통 요금 모두 징수하는 경우, 대중교통 요금만 징수하는 경우로 나누어 분석한 결과 고속도로 요금과 대중교통 요금 모두 징수하는 방안이 사회적 편익을 극대화 시켰다.

4. 선행연구의 시사점

기존의 대중교통 요금에 관한 연구는 대부분 요금구조 및 징수방법에 관한 연구가 주류를 이루어 왔다. 특히 요금수준 결정은 Network Design Problem이라고도 불리는 교통망설계문제 중 하나로, 교통운영자가 총 사회적 비용을 최소화시키기 위해 신호시간 조절, 혼잡통행료 징수, 대중교통 요금의 변화 등 자신이 조절할 수 있는 수단을 이용해 이용자를 규제하는 것을 뜻한다. 그러나 일반적으로 이러한 교통망설계문제는 조절변수가 변함에 따라 이용자들의 경로선택행위를 포함시켜줘야 하며 이러한 제약식은 교통망설계 문제를 비선형, 비볼록으로 만들기 때문에 전역해를 구하기 어려운 것으로 알려져 있다.⁴⁾ 따라서 일반적으로 휴리스틱 방법을 이용해 문제를 해결하며 기존 연구는 대부분 가상 네트워크 혹은 단순화한 네트

워크를 이용해 분석을 실시하였다. 본 연구에서도 네트워크를 단순화 시켜 문제를 해결하려고 노력하였다.

또한 기존 대중교통 요금결정 이론의 경우 경제학적 변수만을 고려해 요금을 결정하며 대중교통의 수입이나 운영은 고려하지 않았다. 이에 본 연구에서는 요금 결정 시 대중교통의 수입과 사회적 편익의 변화를 이용, 요금을 결정할 때 단순 효율에 의존한 요금수준에서 탈피하고자 노력했다. 그러기 위해 기존 연구에서 이용된 편익항목과 비용항목을 이용하였으며 이를 이용해 운영기관, 정부, 사회적 관점에서 ITX의 적정 요금수준을 추정하였다.

4) 임강원, 임용택(2003)

III. 방법론의 정립

1. 방법론의 가정 및 개요

1) 가 정

본 연구에선 대상지역의 교통상황을 간단하게 표현할 수 있도록 단순화한 한 네트워크(이하 개략네트워크)를 이용하였다. 대상지역을 간단하게 표현할 경우 요금변화에 대한 결과를 직관적으로 알 수 있으며 다른 지역에 대한 적용도 용이해 몇 가지 가정을 통해 대상지역을 서울, 남양주, 가평, 춘천 4개 존으로 간단하게 표현하였다.

(1) 교통축에 대한 가정

본 연구에서는 지역 내 이동보다 지역 간 이동을 중심으로 살펴보기 때문에 철도역, 고속도로 톨게이트와 같은 터미널은 각 지역에서 수요가 가장 많은 시설을 대표 시설로 가정하였다. 즉 각 지역에서 이용가능한 수단별 터미널을 한 개로 가정해 네트워크를 단순화시켰다. 존간 통행시간은 대표시설로의 접근시간과 대기시간, 차내 통행시간을 이용하여 산정하였다. 대중교통의 대기시간의 경우 광역전철, 시외버스, 시내버스는 평균 배차간격의 1/2을 적용하였으며 ITX의 경우 배차간격이 60분으로 길어 광역시-시·군 간 10km 이내 버스 차외통행시간인 15분⁵⁾을 대기시간으로 가정하였다. 존간 수단별

통행거리와 통행시간은 [부록 1], [부록 2] 에 제시하였다.

<표 III-1> 지역별 대표시설

구분	서울	남양주	가평	춘천
고속도로(TG)	남양주	화도	설악	남춘천
광역전철(역)	상봉	평내호평	가평	춘천

(2) 통행 수단

서울~춘천을 통행하는 통행자가 이용 가능한 통행수단은 총 5가지이며 경로를 함께 고려해 통행자가 선택할 수 있는 대안은 총 6가지로 가정하였다. 6가지 선택대안은 <표 III-2>와 같다.

<표 III-2> 대상지역의 선택가능 수단, 경로, 대안

수단	경로	선택대안
승용	고속도로	승용-고속도로
	일반국도	승용-일반국도
시외버스	고속도로	시외버스
시내버스	일반국도	시내버스
ITX	철도	ITX
광역전철		광역전철

5) 한국교통연구원(2008), “2007년 국가교통DB구축사업 제9권 광역권 여객 기종점통행량 전수화”

(3) 승용차 통행에 대한 가정

승용차의 통행비용은 일반적으로 유류비와 엔진오일비, 타이어 마모비, 유지관리비, 감가상각비, 유료도로에서 발생하는 통행료를 고려하나 본 연구에서는 상대적으로 큰 비중을 차지하는 유류비용과 통행료만을 적용하였다. 유류소비량은 국토연구원(1999)에서 제시한 차종별 속도에 따른 유류소비량을 사용하였으며 유류비는 2012년 1분기 주유소 판매 가격을 기준으로 하였다. 재차인원은 한국개발연구원(2008)의 연구를 기준으로 1.55인/대를 적용하였다.

(4) 대중교통 통행에 대한 가정

목적지까지 대중교통을 이용하는 통행자는 주 수단으로 접근할 때 대중교통을 이용해 접근한다고 가정하였다. 그 이유는 대상지역의 대중교통 시설 밀도가 높아 대중교통을 이용해서 충분히 접근통행이 가능하기 때문이다. 대상 시설 중 대중교통 간 환승이 적용되는 시내버스, 광역전철은 환승할인을 고려하였고 환승이 적용되지 않는 시외버스, ITX는 통행비용을 산출 시 환승을 고려하지 않았다. 접근시간은 한국개발연구원(2008)의 인접 시·군간 차외통행시간인 30분을 적용하였고 버스의 재차인원 역시 한국개발연구원(2008)의 지역간 통행 버스의 재차인원인 9.98인/대를 적용하였다.

또 현재 대중교통 요금체제에서 65세 이상 노인의 경우 광역전철은 무료, ITX는 평일(월~금)에 한해 현재 요금에서 30% 할인된 운임을 적용받는다. 그러나 광역버스의 경우 할인혜택을 받지 못해 본 연구에서 65세 이상 노인의 경우 광역전철과 ITX에 대해 고정승객

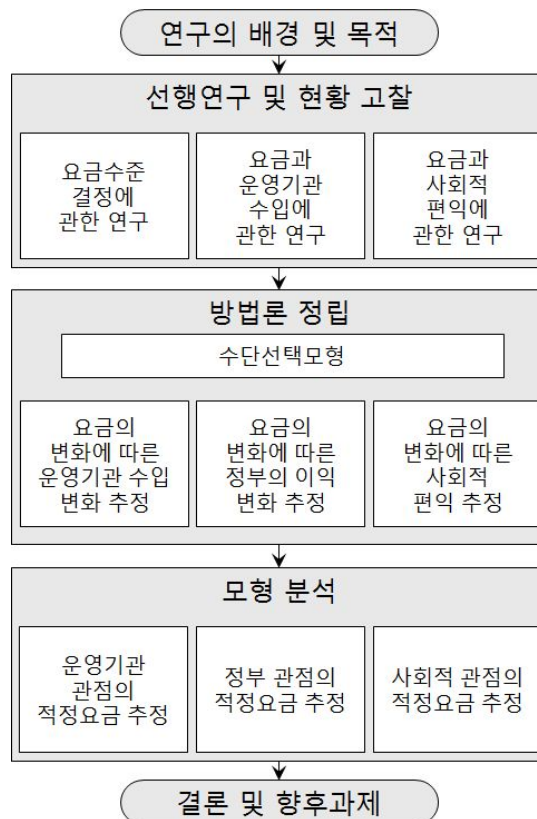
(Captive Rider)이라 가정하였다. 2010년 철도통계연보에 자료를 이용, 광역전철의 노인할인 비율은 26.05%를 적용하였고 ITX 노인할인 비율은 기존 새마을, 무궁화 열차의 노인할인 비율인 6.01%를 적용하였다.

(5) 통행량에 따른 교통 환경의 변화

승용차나 대중교통의 통행량이 늘어나면 대중교통의 경우 배차간격을 줄이고 도로의 경우 차로를 증설하거나 새로운 도로를 건설하지만 이러한 변화는 단기간에 일어나는 것이 아니라 오랜 시간을 거쳐 변화하게 된다. 그러나 이럴 경우 요금의 변화에 대한 효과분석보다는 장기적 관점에서의 교통 환경의 변화에 가까우므로 본 연구에선 통행량에 따른 교통 환경의 변화는 없는 것으로 가정하였다. 즉 수요의 변화에 따른 배차간격, 도로 용량은 변하지 않으며 배차간격이 불변이기 때문에 수요에 따른 대중교통의 운영비 역시 불변이라 가정하였다.

2) 개 요

본 연구에선 네트워크를 단순화 시킨 후 ITX 요금과 수단선택 모형을 이용해 수단분담률을 추정, O/D를 이용해 각 지역간 수단별 통행량을 추정한다. 추정된 통행량은 다시 대중교통 운영자, 정부, 사회적 관점에서 수입과 사회적 편익의 변화를 알아보는데 이용되며 이 때 운영자의 입장에선 해당 수단에 의한 요금수입을, 정부의 입장에선 세금과 보조금을, 사회적 관점에선 사회적 후생의 변화를 이용해 적정 요금을 선정한다.



<그림 III-1> 연구 진행순서

2. 수단선택모형

1) 기본 형태

전통적으로 교통계획 분야에선 교통수단의 선택에 있어 닫힌 형태 (Closed form)를 띄고 계산이 용이한 확률선택모형 기반인 다항로짓 모형(Multinomial Logit Model)을 널리 이용하고 있다. McFadden에 의해 이론적으로 개발되고 발전된 로짓모형은 효용함수 중 확률적 효용 e_{ij}^m 의 분포가 검블 분포(Type I extreme value distribution)를 따른다는 점에서 균일분포를 따르는 선형확률모형, 정규분포를 따르는 프로빗 모형과 다르다. 검블 분포는 100년 만에 발생하는 홍수와 같은 일상적으로 발생하지 않는 사건에 대한 예측을 위해 개발되었으며, 정규분포에 비해 확률밀도함수의 끝 부분이 넓어 극단값의 예측이 가능하며 무엇보다 계산이 쉬운 장점이 있다.

본 연구에서도 수단선택모형으로 계산이 쉽고 직관적인 선택확률 모형 중 하나인 다항로짓모형을 기본 모형으로 사용하였다. 다항로짓모형을 이용해 존 i와 j를 통행하는 개인이 수단 m을 선택할 확률은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{ij}^m = \frac{e^{V_{ij}^m}}{\sum_m e^{V_{ij}^m}} \quad (\text{III-1})$$

여기서 P_{ij}^m = i존에서 j존까지 통행자가 수단 m을
 선택할 확률
 V_{ij}^m = i존에서 j존까지 통행자의 수단 m에
 대한 효용

2) 효용함수의 설정

효용함수는 크게 결정적 효용함수와 확률적 효용함수로 구분할 수 있으며 결정적 효용함수는 수단 m 의 특성을 나타낼 수 있는 함수, 확률적 효용함수는 확률분포의 가정에 의해 이루어진다. 결정적 효용함수는 수단 m 을 잘 설명해 줄 수 있는 변수를 선정하고 함수의 형태를 가정하는데 교통수단의 효용함수로는 일반적으로 수단 m 의 통행시간과 통행비용을 변수로 선정하고 함수의 형태를 선형이라 가정한다. 여기서 수단별 특성을 표현하는 수단 고유의 상수 (Alternative Specific Constant)가 포함되는데 다른 수단에 대한 상대적 선호를 나타내는 항으로써 기준이 되는 수단에 대한 상대적 선호를 나타낸다.

효용함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{ij}^m = ASC^m + \beta_1 T_{ij}^m + \beta_2 C_{ij}^m + \epsilon_{ij}^m \quad (\text{III}-2)$$

여기서 V_{ij}^m = 통행자의 수단 m 에 대한 효용

ASC^m = 수단 m 고유의 상수

T_{ij}^m = 수단 m 의 통행시간

C_{ij}^m = 수단 m 의 통행비용

β_1, β_2 = 통행시간, 통행비용에 대한 파라미터

ϵ_{ij}^m = 통행자의 수단 m 에 대한 관측할 수 없는

확률적 효용(검분포)

3. ITX 요금의 변화에 따른 영향

본 연구에서는 ITX 요금의 변화를 운영기관, 정부, 사회적 관점에서 살펴보고 그에 따른 적절한 요금수준을 알아볼 것이다. 다른 지역으로의 적용이 용이하도록 각 수단에 대한 수입으로는 요금에 의한 수입만을 고려한다. 우선 요금은 2012년 말 까지 시행하는 30% 할인요금을 기준으로 하며 기준요금에서 5% 단위로 요금을 변화시켜 해당 요금에 대해 적절한지 논의한다.

1) 철도공사 수입의 변화

현재 광역전철과 ITX는 모두 철도공사에서 운영하고 있으며 두 수단에서 발생하는 요금수입은 모두 철도공사의 수입이라 볼 수 있다. ITX의 도입으로 광역전철을 이용하는 승객이 일부 ITX로 이동하였으며 ITX요금의 기존 광역전철 요금보다 높으므로 철도공사의 요금수입은 증가할 것으로 보인다. 본 연구에서는 철도 요금의 변화에 따른 ITX의 요금수입, ITX와 광역전철을 모두 고려한 철도공사의 전체요금 수입을 비교해 보았다.

(1) ITX 요금수입의 변화

Mankiw(2008)의 경제학의 기본 원리 중 하나인 “합리적 판단은 한계적으로 이루어진다”에 의하면 모든 기업은 합리적 판단을 위해 한계적으로 비용을 조절한다. 기업의 목표는 수입 극대화이기 때문에 철도의 운영기관인 철도공사는 자신의 수입을 극대화 하는 요금

을 선택한다는 가정을 하였다. ITX에서 발생하는 요금수입은 아래와 같은 방법으로 계산할 수 있으며 모든 승객으로부터 발생하는 ITX 요금수입이 최대가 되는 ITX 요금이 가장 적합한 요금이라 정의한다.

$$Max R^{ITX} = \sum_i \sum_j [P_{ij}^{ITX} \times F_{ij}^{ITX}]_b^a \quad (III-3)$$

여기서 R^{ITX} = ITX 승객에 의한 요금수입의 변화

P_{ij}^{ITX} = i존에서 j존까지 ITX를 이용해 통행한 승객 수

F_{ij}^{ITX} = i존에서 j존까지 ITX 요금

R^{ITX} 는 요금 변화 후(a)의 요금수입에서 요금 변화 전(b)의 요금수입을 빼는 방법으로 구하였으며 대괄호로 표시하였다.

(2) 철도공사 요금수입의 변화

철도공사는 광역전철과 ITX 모두를 운영하기 때문에 두 노선에서 발생하는 수입은 모두 철도공사의 수입이라 할 수 있다. 그렇기 때문에 운영기관인 철도공사는 어느 노선에서 수입이 발생하는지 관계 없이 전체 수입만을 생각한다고 가정하였고 이를 운영기관 수입이라 가정하였다. 운영기관 수입을 극대화하는 방법은 아래와 같다.

$$Max R^{rail} = \sum_i \sum_j [(P_{ij}^{ITX} \times F_{ij}^{ITX} + P_{ij}^{rail} \times F_{ij}^{rail})]_b^a \quad (III-4)$$

여기서 R^{rail} = 운영기관의 요금수입의 변화

P_{ij}^{ITX} = i존에서 j존까지 ITX를 이용해 통행한 승객 수

F_{ij}^{ITX} = i존에서 j존까지 ITX 요금

P_{ij}^{rail} = i존에서 j존까지 광역전철을 이용해 통행한 승객 수

F_{ij}^{rail} = i존에서 j존까지 광역전철 요금

2) 정부 수입의 변화

정부에서는 철도와 고속도로를 각각 철도공사와 한국도로공사 형태로 소유하고 있으며 이들 공사는 영리를 직접 추구하진 않지만 정부의 재정수입 조달수단이 되고 있다. 즉 철도에서 발생하는 수입과 고속도로에서 발생하는 수입은 정부의 수입으로 볼 수 있다. 승용차를 이용할 때 지불하는 유류세 역시 정부의 수입이라고 할 수 있다.

정부의 관점에서 ITX 요금의 변화에 대한 요금수입과 유류세의 변화를 이용해 적정 요금수준을 산정하도록 한다. 정부의 이익의 변화는 기존 운영자 관점의 분석에서 고속도로의 요금수입과 정부의 유류세가 반영된 모형으로 아래와 같다.

$$Max B^{gov} = \sum_i \sum_j [B_{ij}^{rail} + B_{ij}^{high} + B_{ij}^{gas}]_b \quad (\text{III-5})$$

여기서 B^{gov} = 정부의 이익의 변화

B_{ij}^{rail} = i존에서 j존까지 철도에서 발생하는 이익

B_{ij}^{high} = i존에서 j존까지 고속도로에서 발생하는 이익

B_{ij}^{gas} = i존에서 j존까지 유류세로 인해 발생하는 이익

(1) 철도에서 발생하는 이익

국내의 철도사업은 대부분 한국철도시설관리공단이 건설하고 철도공사가 운영하는 방식을 취하고 있다. ITX와 광역전철 역시 한국철도시설관리공단이 건설하고 철도공사가 운영을 하고 있으나 이 두 기업은 모두 공기업이므로 하나의 철도운영기관이라 가정하였다. 철도에 의해 발생하는 이익은 다음과 같다.

$$B_{ij}^{rail} = \sum_i \sum_j (R_{ij}^{ITX} + R_{ij}^{rail}) - (C_{ij}^{ITX} + C_{ij}^{rail}) \quad (\text{III}-6)$$

여기서 B_{ij}^{rail} = 철도에서 발생하는 이익

R_{ij}^{ITX} = ITX에서 발생하는 요금수입

R_{ij}^{rail} = 광역전철에서 발생하는 요금수입

C_{ij}^{ITX} = ITX 운영비용

C_{ij}^{rail} = 광역전철 운영비용

(2) 고속도로에서 발생하는 이익

국내 대부분의 고속도로는 공기업인 한국도로공사에서 건설, 운영하고 있으나 서울-춘천 고속도로의 경우 서울-춘천고속도로 주식회사에서 건설, 운영하고 있다. 서울-춘천 고속도로는 BTO (Build-Transfer-Operate) 방식으로 건설되었으며 건설시점인 2009년을 기준으로 30년 간 수입은 시행사에 귀속되며 30년 후 고속도로와 운영권은 국가로 귀속된다. 이 때 최소운영수입보장(MRG)를 체결하여 2015년 이전까지는 협약수입의 80%, 2015년 이후부터는 협약수입의 70%를 정부에서 보전 받는다. 즉 정부는 협약수입의 80%에 미치지 못하면 보조금을 지급하게 되며 반대로 협약수입의 80%를 초과하는 수입을 달성할 경우 보조금을 지급 할 필요가 없다. 고속도로에서 발생하는 이익은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$B_{ij}^{high} = \sum_i \sum_j P_{ij}^{high} \times F_{ij}^{high} \quad (\text{III}-7)$$

여기서 B_{ij}^{high} = 고속도로 요금에 의해 발생하는 이익

P_{ij}^{high} = 고속도로를 이용하는 차량(대)

F_{ij}^{high} = 고속도로 통행요금

(3) 유류세에서 발생하는 이익

국내의 휘발유 유류세는 2009년 11월 19일 이후 교통에너지환경세, 교육세, 주행세를 모두 포함해 일반휘발유 1ℓ 당 745.89원을 부과하고 있다. 여기에 2012년 1분기 세전 휘발유가격 1063.77원/ℓ에 대한 부가가치세 180.97원/ℓ 까지 포함시킬 경우 휘발유의 유류세는 926.86원/ℓ에 달한다. 유류세 역시 정부의 수입이라 할 수 있으며 본 연구에서는 승용차에 대한 유류세만을 고려하도록 한다. 유류세에 의한 정부의 수입은 아래와 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$B_{ij}^{oil} = \sum_i \sum_j \sum_m P_{ij}^m \times L_{ij} \times S_{ij}^{oil} \times F_{ij}^{oil} \quad (\text{III-8})$$

여기서 B_{ij}^{oil} = 유류세 수입

P_{ij}^m = 수단 m의 통행량

L_{ij} = i존에서 j존까지의 거리

S_{ij}^{oil} = 유류소비량(ℓ)

F_{ij}^{oil} = 유류세(원/ℓ)

3) 사회적 후생의 변화

사회적 후생을 극대화 하는 요금은 새로운 수단의 도입으로 인해 해당 수단 뿐 아니라 해당 지역을 오가는 전체 수단에서 발생하는 모든 통행자의 편익이 최대가 되는 요금을 의미한다. 즉 사회적 후생에서는 통행자가 통행을 통해 직접 얻게 되는 편익 뿐 아니라 통행에 대한 제 삼자의 경제적 후생에 영향을 미치는 외부효과까지 고려한다. 본 연구에서는 새로운 수단의 도입으로 인해 발생하는 사회

적 후생으로 통행자 후생, 사고비용, 환경비용, 유류세와 교통수단별 보조금을 적용하였다.

$$Max SW = \sum_i \sum_j \sum_m [CS_{ij}^m - AC_{ij}^m - EN_{ij}^m + B_{ij}^{oil} - TR_{ij}^m]_b \quad (III-9)$$

여기서 SW = 사회적 후생의 변화

CS_{ij}^m = 통행자 후생(보상변화)

AC_{ij}^m = 사고비용

EN_{ij}^m = 대기오염비용

B_{ij}^{oil} = 유류세

TR_{ij}^m = 교통수단별 보조금

(1) 통행자 후생

앞에서 가정한 바와 같이 수단선택 모형에서 효용은 통행시간(차내시간, 차외시간)과 통행비용의 함수로 구성되어 있다. 그렇다면 사업의 시행 전과 후의 소비자 후생의 차이는 사업의 시행으로 인해 통행시간과 통행비용의 변화에 의해 통행자가 느끼는 효용의 차이라고 할 수 있다. 이 효용의 차이를 금전가치화 한다면 손쉽게 사업의 시행에 따른 이용자가 느끼는 편익을 계산할 수 있으며 보상변화를 통해 이를 구할 수 있다.

보상변화란 가격변화가 일어난 상황에서 가격변화가 일어나기 전, 즉 당초의 효용수준으로 되돌리기 위해서 얼마만큼의 금전적인 보상(Compensating Variation)을 해야 소비자가 그 손실을 보상 받는다고 생각할 것인가 하는 개념이다. Williams(1977)는 효용함수 중 확률적 효용 ϵ_{ij}^m 가 iid extreme value(검블분포)를 따르고 효용이 소득

에 대해 선형일 때 아래와 같은 방법으로 효용을 금전가치화 할 수 있다고 정의했으며 이를 이용, 통행자 후생을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$CS_{ij}^m = \frac{1}{\lambda_{ij}} \ln \left(\sum_{m=1}^M e^{V_{ij}^m} \right) \quad (\text{III-10})$$

여기서 CS_{ij}^m = i존에서 j존으로 통행하는 통행자가 수단 m을
 선택할 때 통행자 후생
 λ_{ij} = i존에서 j존으로 통행하는 통행자의 소득에 대한
 한계효용

여기서 λ_{ij} 는 개인의 소득의 한계효용으로 효용의 변화를 현금가치화 하는데 중요한 역할을 한다. λ_{ij} 는 다음과 같은 과정을 통해 구할 수 있다.

$$\lambda_{ij} = \frac{\beta_2}{INC_{ij}} \quad (\text{III-11})$$

여기서 β_2 = 효용함수에서 (비용/소득)의 계수
 INC_{ij} = i존에서 j존으로 통행하는 통행자의 소득

그러나 본 연구의 경우 효용함수를 추정할 때 소득을 고려하지 않았기 때문에 λ_n 을 직접 구할 수 없다. 그래서 아래와 같은 방법으로 효용함수에 소득을 반영, λ_n 을 구하였다.

$$\begin{aligned} V_{ij}^m &= ASC_{ij}^m + \beta_1 T_{ij}^m + \beta_2 C_{ij}^m + \epsilon_{ij}^m \\ &= ASC_{ij}^m + \beta_1 T_{ij}^m + \beta_2 INC_{ij} \frac{C_{ij}^m}{INC_{ij}} + \epsilon_{ij}^m \end{aligned} \quad (\text{III-12})$$

$$\lambda_{ij} = \frac{\beta_2 INC_{ij}}{INC_{ij}} = \beta_2$$

즉 소득에 대한 한계효용은 효용함수를 소득에 대해 추정하지 않은 경우 효용함수의 비용 파라미터로 대체 가능하며⁶⁾, 본 연구에서는 연구에서 사용한 효용함수 중 비용부분의 파라미터인 -0.0000644가 소득에 대한 한계효용(λ_{ij})이 된다. 위의 식을 종합, 효용이 비용에 대해 선형이라면 소비자 후생은 아래와 같이 계산될 수 있다.

$$CS_{ij}^m = \sum_i \sum_j \sum_m \frac{P_{ij}}{0.0000644} \ln(e^{V_{ij}^m}) \quad (\text{III-13})$$

여기서 CS_{ij}^m = 수단 m을 선택할 때 통행자의 기대 소비자후생
 P_{ij} = 전체 수단에 대한 통행량

즉 보상변화를 이용해 효용을 금전가치화 할 수 있고 철도 요금의 변화에 대한 효용의 변화를 이용, 철도 요금이 변함에 따라 통행자가 느끼는 효용을 금전가치화 하여 비교할 수 있다.

(2) 사고비용

교통사고비용은 주행거리(억대-km) 또는 수송실적(억인-km)별 교통사고 발생비율과 교통사고 비용의 원단위를 이용해 산출 가능하다. 사고비용은 교통량이 늘어날수록 증가하게 되며 부정적 외부효과라 할 수 있다. 국내에서 수집·이용하고 있는 자료는 도로부문, 철도부문 교통사고 발생비율과 교통사고비용 원단위이며 본 연구에서는 도로부문과 철도부문의 사고비용을 적용하도록 한다. 사고비용의 경우 아래와 같은 과정을 거쳐 계산할 수 있다.

6) Small, K. A. and Verhoef, E. T.(2007)

$$AC_{ij}^m = \sum_i \sum_j \sum_m \sum_r [EAC_{ij}^m \times P_{ij}^m \times POA_{ij}^{mr}]_b^a \quad (\text{III-14})$$

여기서 EAC_{ij}^m = 수단 m 의 교통사고비용 원단위

P_{ij}^m = 수단 m의 교통량 (단위: 대)

POA_{ij}^{mr} = 수단 m의 도로유형 r에 따른 교통사고 발생비율

(3) 환경비용

환경비용은 사고비용과 마찬가지로 부정적 외부효과 중 하나이다. 환경비용은 차종과 속도, 배출계수의 함수로 이루어지며 교통량이 늘어날수록, 통행속도가 감소할수록 증가하게 된다. 본 연구에서는 도로부문의 환경비용만을 적용하도록 하며 환경비용의 산출과정은 아래와 같다.

$$EN_{ij}^m = \sum_i \sum_j \sum_m [P_{ij}^m \times S_{ij}^m \times RH^m]_b^a \quad (\text{III-15})$$

여기서 P_{ij}^m = 수단 m의 교통량 (단위: 대)

S_{ij}^m = 수단 m의 속도

RH^m = 유해물질 배출량

(4) 유류세

(1)에서 살펴본 통행자 후생 중 비용 항목은 유류세를 포함한 유류비 전체를 포함하고 있다. 즉 통행자 후생에서 사용되는 효용함수에는 통행시간과 통행비용이 들어가는데 통행비용은 유류비를 포함한 실제 운행비용이 들어가게 된다. 그러나 유류비는 실제 유류비에 유

류세를 더한 소비자 유류가가 들어가게 되며 유류세는 다시 사회적으로 재투자되는 비용이기 때문에 사회적 후생 관점에서 유류비용에서 유류세를 제외해 주어야 한다. 유류세는 (Ⅲ-8)과 같은 방법으로 구하였으며 만일 유류비를 사회적 비용에서 빼지 않을 경우 유류세가 갖는 긍정적인 역할을 모형에 반영할 수 없게 된다.

(5) 교통수단별 보조금

통행자는 교통수단을 이용할 때 이용에 대한 대가로 비용 혹은 요금을 지불하지만 통행비용이 수송원가와 반드시 일치하지는 않는다. 대중교통의 요금수입이 수송원가보다 높을 경우 승객이 많아질수록 대중교통의 수입이 증가하고 이 수입은 대중교통 운영기관의 수입이 된다. 반대로 대중교통의 요금수입이 수송원가보다 낮을 경우 승객이 많아지면 대중교통 보조금이 증가하며 사회적 관점에서 봤을 때 부정적인 영향을 끼친다. 앞서 구한 통행자 후생 CS_{ij}^m 에서 비용은 통행비용(유류비용, 요금)만 반영되어 있으며 운영비용 항목은 고려되어 있지 않다. 그러나 대부분의 경우 운영비용과 요금수입이 다르므로 이를 고려해 반영해 주어야 한다. 운영비용과 요금수입의 차이를 반영해 주기 위해 사회적 관점에서 교통수단에 대한 보조금을 빼주며 교통수단별 보조금을 구하는 방법은 다음과 같다.

$$TR_{ij}^m = \sum_i \sum_j \sum_m C_{ij}^m - F_{ij}^m \quad (\text{Ⅲ-16})$$

여기서 TR_{ij}^m = 수단 m의 보조금
 C_{ij}^m = 수단 m의 운영비용
 F_{ij}^m = 수단 m의 요금수입

그러나 수단 중 요금수입에 따라 운영비가 변하지 않는 시외버스, 시내버스의 경우 해당 수단의 요금수입의 차이를 보조금의 차이로 가정, 모형에 반영하였다.

IV. 자료의 구축

1. 연구의 대상지역

연구 대상지역은 ITX가 지나는 서울~춘천 지역을 모사하기 위해 서울, 남양주, 가평, 춘천 4개의 존을 선정하여 분석대상을 단순화 시켰다. 대상지역의 통행량은 KTDB의 교통분석용 전국네트워크 2009년 수단O/D와 2016년 수단O/D를 이용, 선형보간법을 이용해 2012년 수단O/D를 만들어 사용하였으며 철도 O/D의 경우 별도의 보정 작업을 거쳤다. 지역 간 통행을 중점적으로 살펴보기 때문에 존 내부통행은 반영하지 않았으며 2012년 대상지역의 수단별 O/D는 [부록 3] 과 같다.



<그림 IV-1> 분석 대상지역

2. 수단선택 모형

1) 모형의 선택

ITX와 같은 새로운 수단에 대한 수요를 추정하기 위해선 기존에 연구되었던 비슷한 성격의 효용함수 파라미터를 이용하거나 SP, RP 조사를 통해 파라미터를 추정해서 사용해야 한다. 2012년 현재 국내의 경우 ITX와 같은 EMU 열차에 대한 효용함수 파라미터 추정은 연구된 바 없으며 고속철도에 대한 효용함수의 경우 건설교통부(2002), 이장호(2009)등 몇몇 연구가 있다. 본 연구에서는 연구 대상 지역에 모든 수단이 존재하고(승용차, 버스, 일반철도, 고속철도(ITX)) 지역간 철도의 특성을 모사할 수 있는 건설교통부(2006)의 효용함수 파라미터를 적용하였다.

<표 IV-1> 수단선택 파라미터에 대한 기존 연구

구분	시간가치 (승용차, 원/시)	수단의 종류
지역간 여객 수단선택의 효용함수 ⁷⁾	6271.60	승용차, 버스, 철도
고속철도를 구분한 지역간 여객 수단선택의 효용함수 ⁸⁾	5960.31	승용차, 버스, 일반철도, 고속철도
수도권 및 광역권 여객 수단선택의 효용함수 ⁹⁾	14047.89	승용차, 택시, 버스, 지하철
고속철도 수요분석을 위한 지역간 통행수단 선택모형 구축 ¹⁰⁾	8985.91	승용차, 고속버스, 일반철도, 고속철도, 항공

2) 파라미터의 수정

본 연구에서는 현재 국내의 효용함수 파라미터 추정에 관한 연구 중 가장 비슷한 성격을 보인 건설교통부(2006)의 결과를 이용하였으나 본 연구에선 기준 교통수단이 고속철도가 아니라 EMU 열차이므로 효용함수 중 수단특정상수(ASC: Alternative Specific Constants)를 수정할 필요가 있다. 수단고유의 상수는 기준이 되는 수단(본 연구에서는 EMU)에 대한 상대적 선호를 나타내는 상수로써 시기별 또는 동일한 대도시지역 내에서도 다를 수 있다. 따라서 통행 시간, 통행 비용과 같은 정책관련 계수와는 달리 수단특정상수가 시간 및 공간적으로 이전가능 하다는 어떠한 이론적 근거도 없으므로 수단특정상수는 수정해 사용하는 것이 타당하다.¹¹⁾ 특히 본 연구에서는 기존 연구에서 기준이 된 교통수단인 고속철도에 비해 EMU 열차의 주행속도가 낮으며, 이는 기준 수단에 대한 다른 수단의 상대적 선호가 고속철도일 때와 비교했을 때 더 높을 것으로 예상된다. 본 연구에선 통행량을 이용, 각 존의 통행시간과 통행비용을 가중평균 한 값을 이용하였으며 수단선택 모형과 O/D의 수단 분담률을 이용해 모형을 정산하였다. 즉 KTDB O/D를 참값으로 보고 가중평균한 통행시간과 통행비용을 이용해 수단분담률을 구한 후 수단고유 상수를 조절해 O/D와 수단분담률이 같도록 조절하였다. 해를 찾는 과정은 Generalized Reduced Gradient 2 algorithm을 Excel을 이용하여 계산하였다. 수정된 수단고유 상수는 아래와 같다.

7) 한국교통연구원(2008)

8) 건설교통부(2006)

9) 건설교통부(2002)

10) 이장호(2009)

11) 전미현(2002)

<표 IV-2> 수단고유 상수의 수정

수 단	기존 수단고유 상수	수정된 수단고유 상수
승용차	0.161149	1.4162518
버 스	-0.647159	1.0128976
일반철도	-0.314539	-0.0049295
고속철도	0	0

기존 수단고유 상수의 경우 고속철도가 기준수단이었던 데 비해 본 연구는 EMU 열차가 기준수단이 되므로 고속철도에 비해 선호가 감소하고 다른 수단의 선호가 높아진다. 즉 승용차, 버스, 일반철도의 상수가 증가한 것은 고속철도 보다 EMU 열차의 선호가 더 낮다는 것을 의미하며 이는 기대부호와 일치한다.

3. 대상지역 기초자료

1) 대상지역의 교통량

대상지역의 이용 가능한 통행수단과 경로는 총 6가지며, 관측 교통량 자료를 이용, 모형에서 추정한 통행량을 정산하였다. 기준년도는 2012년으로 가장 최근 자료를 활용하는 것이 바람직하나 년 단위로 집계되는 자료의 경우 2011년 자료를 사용하였다.

<표 IV-3> 관측통행량 자료 현황

수단-경로	기준년도	자료명	자료의 형태
승용-고속	2011년	고속도로 영업소별 이용차량 분석자료	O/D
승용-고속	2011년	고속도로 IC간 이용차량 분석자료	지점교통량
승용-일반	2011년	수시 교통량자료	지점교통량
ITX	2012년	역별 일일 승차인원	역 승차인원
광역전철	2012년	역별 월간 승차인원	역 승차인원

(1) 고속도로 교통량 자료

한국건설기술연구원(2012)의 자료에 의하면 연구 대상 내 고속도로의 교통량은 평균 38,552대/일 이며 이를 1차로 1시간 교통량으로 환산했을 경우 337대/시/치로 이다. 김형주, 장수은(2012)의 연구에서는 전국 권역별 침두집중률을 K-군집분석을 이용하여 산정하였고 본 연구대상과 비슷한 성격을 보이는 서울~천안 구간 침두, 비침두 집중률인 6.08%, 4.09%를 각각 적용하였을 때 1차로 1시간 교통량은

492대/시/차로, 332대/시/차로 로 나타났다. 그러나 첨두집중률을 적용한 교통량 역시 2차로 폐쇄식 고속도로의 용량인 2,200대/시/차로에 많이 모자라는 교통량으로 대상지역을 통행하는 차량은 제한속도에 가깝게 통행 할 수 있다.

<표 IV-4> 2011년 서울~춘천 고속도로 구간 교통량

고속도로구간	차로	1일 교통량	1차로당 교통량	1시간당 교통량	첨두집중률 적용	
					첨두시	비첨두시
강일~선동	8	106,201	13,275	553	807	543
선동~미사	8	90,938	11,367	474	691	465
미사~덕소삼패	6	62,347	10,391	433	632	425
덕소삼패~화도	6	57,590	9,598	400	584	393
화도~서종	4	35,923	8,981	374	546	367
서종~설악	4	32,460	8,115	338	493	332
설악~강촌	4	27,686	6,922	288	421	283
강촌~남춘천	4	24,295	6,074	253	369	248

자료: 한국건설기술연구원 교통량정보제공 시스템(<http://www.road.re.kr>)

(2) 일반국도 교통량 자료

한국건설기술연구원(2012)의 자료에 의하면 연구 대상의 1일 통과 교통량은 평균 28,379대/일 이며 1차로 국도 교통량 역시 296대/시/차로로 이는 2차로 국도의 용량인 1,000대/시/차로에 많이 모자란다. 첨두집중률을 적용한 교통량도 첨두시 431대/시/차로로 국도의 용량에 비해 교통량이 작은 것을 알 수 있다.

<표 IV-5> 2011년 서울~춘천 일반국도 구간 교통량

조사지점 (지점번호, 지역)		차로	1일 교통량	1차로당 교통량	1시간당 교통량	첨두집중률 적용	
						첨두시	비첨두시
4603-000	남양주시-화도읍	4	48,399	12,100	504	736	495
4603-002	남양주시-화도읍	4	34,986	8,747	364	532	358
4603-001	남양주시-화도읍	4	38,115	9,529	397	579	390
4604-000	남양주시-화도읍	4	21,155	5,289	220	322	216
4606-002	외서면-가평읍	4	25,450	6,363	265	387	260
4607-000	외서면-가평읍	4	31,816	7,954	331	484	325
4608-000	가평읍-의암면	4	16,130	4,033	168	245	165
4608-001	가평읍-의암면	4	20,610	5,153	215	313	211

자료: 한국건설기술연구원 교통량정보제공 시스템(<http://www.road.re.kr>)

2) 대상지역의 통행 속도

본 연구에선 승용차와 버스의 속도를 고정하여 사용하였다. 그 이유는 통행량이 용량에 크게 못 미쳐 교통량이 증가한다 해도 다른 교통류에 영향을 주지 못한다 가정했기 때문이다. 고정속도를 이용하게 되면 개략네트워크를 이용하는 본 연구의 경우 다른 지역에서 유입되는 교통량을 고려할 필요가 없기 때문에 분석이 한결 간결해진다. 또 수요의 변화에 따른 대중교통의 배차간격, 속도를 불변으로 가정했기 때문에 승용차의 경우도 고정속도를 이용하는 것이 합리적이다. 다음은 연구에서 사용된 도로별 통행속도이다.

<표 IV-6> 도로별 통행 속도

구분	속도	비고
고속도로	100km/h	서울~춘천 고속도로 제한속도
일반국도	80km/h	일반국도 46호 제한속도
서울지역 접근도로	16.6km/h	2011년 서울시 통계자료
경기지역 접근도로	47.7km/h	2011년 경기도 통계자료

3) O/D의 보완 및 수정

KTDB에서 배포중인 전국단위 O/D의 경우 서울~춘천 고속도로, 경춘선 복선전철화 사업은 반영이 되어 있으나 ITX는 반영이 되어 있지 않다. 실제 통행량 자료를 비교하더라도 KTDB의 철도 O/D는 상당히 과소 추정되어 있는 것을 볼 수 있다. 본 연구에서는 과소추정된 KTDB O/D를 보정하기 위해 실제 탑승 자료를 바탕으로 철도 O/D를 보정하였다.

(1) ITX 개통에 따른 O/D의 보완 및 수정

연구 대상지역인 서울~춘천 지역은 현재 일반국도 외 서울~춘천 고속도로, 경춘선 복선전철과 ITX-청춘 열차가 운행 중이다. 각 수단은 개통 전·후 다른 교통수단에 영향을 미쳤으며 과거 다른 수단의 수단 부담률을 고려해 KTDB의 O/D에 ITX를 반영하고자 한다. 다음은 각 수단의 도입시기와 교통량의 변화이다.

<표 IV-7> 서울~춘천 간 교통수단 도입시기

도입시기	비 고
2009년 7월 15일	서울~춘천 민자 고속도로 개통
2010년 12월 21일	경춘선 복선화 전철 개통
2012년 2월 28일	ITX-청춘 개통

<표 IV-8> 서울~춘천 간 교통수단 도입에 따른 경쟁수단 통과 교통량

(단위: 대/일, 인/일)

년도	고속도로	일반국도	철도
2008	—	32,976	8,749
2009	25,513	33,692	7,919
2010	37,681	27,203	8,753
2011	38,552	28,379	—

자료: 한국건설기술연구원 교통량정보제공시스템
한국철도공사 “철도 통계연보”

이에 본 연구에서는 ITX의 수요를 반영하기 위해 ITX와 광역전철의 실제 탑승자료를 이용하였으며 이를 이용해 O/D를 보정하였다. 한국철도공사에서 제공한 2012년 3월~6월 ITX와 광역전철 열차의 역별 탑승 수요를 KTDB의 O/D 비율을 이용해 모형에 반영하였고 그 결과는 [부록 4]에 수록하였다.

<표 IV-9> KTDB O/D와 실제 탑승자료의 비교

(단위: 통행/일)

KTDB 철도 통행량	ITX 통행량	광역전철 통행량	철도 통행 증감률
42,787	16,636	33,968	18%

자료: 한국철도공사 내부자료

<표 IV-10> 기존 O/D와 수정된 O/D의 통행량 비교

(단위: 통행/일)

KTDB 기존 통행량	수정된 O/D 통행량	전체 통행 증감률
276,179	283,995	2.83%

4. 통행비용

1) 승용차

유류소비량은 승용차의 운행비용을 결정짓는 동시에 유류세를 산정할 수 있게 해 준다. 유류소비량은 국토연구원(1999)에서 제시한 차종별 속도에 따른 유류소비량을 사용하였다.

$$L_c = 0.02882 + 0.910/V + 0.000003828 \times V^2 \quad (IV-1)$$

여기서 L_c = 승용차의 유류소비량(ℓ /km)

V = 주행속도(km/h)

승용차의 유류가격은 2012년 1분기 전국 주유소의 일반휘발유 판매가격의 평균인 1990.63원/ ℓ ¹²⁾를 적용하였다. 본 연구에서는 승용차와 버스의 속도를 고정하여 사용하였고 해당 속도에 대한 유류소비비는 아래와 같다.

<표 IV-11> 승용차의 유류소비 비용

(단위: 원/km)

속도	승용차
100km/h	151.69
80km/h	128.78
16.6km/h	168.69
47.7km/h	112.69

12) 한국석유공사 <http://www.opinet.co.kr/>

2) 대중교통

현재 수도권 대중교통 요금은 교통카드 기준 10km 이내 기본요금 1,050원에 추가로 5km마다 100원씩 추가되는 통합거리비례제를 채택하고 있다. 수도권의 경우 버스와 지하철 모두 환승이 가능하며 총 통행거리를 이용해 계산하기 때문에 수단(버스, 지하철)별 요금은 동일하다고 할 수 있다. 환승 시 추가요금은 들지 않으며 환승 유효시간은 30분이다. 반면 강원도 대중교통 요금은 10km 이내 기본요금은 1,050원으로 수도권과 동일하나 버스에 한해 1회 환승을 허용하고 있다. 즉 강원도 춘천에서 광역전철을 이용하기 위해선 환승요금이 적용되지 않고 추가로 요금을 지불해야 한다. 또한 수도권의 경우 우대용 교통카드를 이용, 만 65세 이상 경로우대자, 장애인, 유공자에 한해 무임승차를 허용하지만 강원도의 경우 무임승차를 허용하고 있지 않다. 대중교통 요금은 [부록 5]에 수록하였다.

<표 IV-12> 대중교통 통행비용

지역	기본요금(10km)	추가요금(5km)	무임승차 유무
수도권	1,050	100	유
강원도	1,050	—	무

5. 운영비용

1) 고속도로 운영비용 자료

한국도로공사의 통계자료에 의하면 2010년 서울~춘천 고속도로의 통행료 수입은 연간 377억 9168만 원 이다. 또 그 해 정부에서 지급된 보조금은 36억 원으로 예상수입의 80%를 보전해 주어야 하는 최소운영수입 지급 계약에 의해 서울~춘천 고속도로 예상수입의 80%는 약 414억 원 임을 알 수 있다. 그러나 더 이상 최근 자료를 구득할 수 없어 2010년 수입을 기준으로 고속도로에서 발생하는 이익의 기준을 정하였고 소비자 물가지수를 통해 보정한 결과 2011년 기준 고속도로의 협약 요금수입은 117,937,942 원/일 이다. 이를 이용, 요금수입이 협약 수입에 미치지 못하면 차액은 적자보전금으로 정부에서 지원하도록 모형을 구축하였다.

2) 철도 운영비용 자료

철도 운영비용은 기존까지 철도 영업비용을 기준으로 계산되었으나 본 연구에서는 한국철도시설공단(2010)에서 개정한 비용배정방법에 의한 운송사업비용 중심의 운영비용 함수를 적용하였다. 그러나 운송사업비용의 경우 선로사용료와 감가상각비 등의 경제비용이 빠져있기 때문에 경제비용 비율을 이용해 보정해 주었다. 경제비용 비율은 한국철도시설공단(2010)의 서비스종류별 경제비용 중 일반철도 기준인 72.5%를 적용하였으며 비용함수는 2007년 기준으로 추정되었

으므로 소비자 물가지수를 이용, 분석 기준년도인 2011년 기준으로 보정해 주었다.

$$C_{ij}^m = (143,827,778 \times L_{ij}^m + 247,614 \times B_{ij}^m + 290 \times VK_{ij} + 351,591,681 \times S^m) / 0.725 \quad (IV-2)$$

여기서 C_{ij}^m = 수단 m의 운영비용

L_{ij}^m = 수단 m의 궤도연장(km)

B_{ij}^m = 수단 m의 운송수입(백만원)

VK_{ij}^m = 수단 m의 차량키로

S^m = 수단 m의 역 수

3) 버스 운영비용 자료

경기개발연구원(2006)의 연구에선 버스의 유형을 일반(대형), 일반(중형), 좌석, 직행좌석, 벽지노선과 공영버스로 구분해 버스 유형별 운송원가를 제시하고 있다. 버스 운영비용은 운행대수와 운행거리에 영향을 받지만 본 연구에선 버스 수요의 증가, 감소에 따른 버스요금과 운행대수, 운행거리는 불변이란 가정을 통해 버스 운영비용의 차이는 버스 요금수입의 차이 라고 할 수 있다. 다시말해 버스 보조금의 변화는 버스 요금수입의 변화라 할 수 있으며 별도의 버스 운영비용을 산정하지 않고 버스 요금수입의 차이를 이용하였다.

6. 외부비용

1) 사고비용

사고비용은 기존 사고 이력을 바탕으로 교통사고 발생비율과 교통사고비용 원단위를 추정하여 사용하며 사고 발생비율은 도로의 종류, 길이와 통행량에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 일반국도가 고속도로에 비해 사고건수, 사상자수가 높으며 철도부문 사고비용은 일반전철이 광역전철에 비해 사고 발생비율과 사고비용이 높다. 원단위는 현재 예비타당성 조사에서 사용되고 있는 한국개발연구원(2008)의 자료를 이용하였으며 도로의 경우 고속국도와 일반국도, 지방도를, 철도의 경우 광역전철의 원단위를 이용하였다. 2011년 기준 교통사고 발생비율과 교통사고비용 원단위는 아래와 같으며 본 연구에서는 PGS 포함 비용을 기준으로 하였다.

<표 IV-13> 도로유형별 교통사고 발생비율

도로 유형	km당 사고건수	1억대·km당 사망자수	1억대·km당 부상자수
고속국도	1.09	0.79	16.97
일반국도	2.49	3.11	107.27
지방도	0.94	2.4	73.61

자료 : 경찰청(2008), “2008년도 교통사고통계”

건설교통부(2008), “2007 도로교통량 통계연보”

<표 IV-14> 도로부문의 교통사고비용 원단위

(단위: 만원)

구 분	사망	부상
사상자1명당	60,741	2,483
사고1건당	4,790	

주 : 2007년 비용을 CPI를 이용 2011년 기준으로 보정

자료 : 도로교통안전관리공단(2008), “도로교통사고비용의 추계와 평가”

한국교통연구원(2007), “2005년 교통사고비용 추정”

<표 IV-15> 광역전철 교통사고 발생비용

(단위: 건/억인-km)

구분	인적피해			물적피해
	사망	중상	경상	
광역전철	0.11	0.07	0.1	0.05

<표 IV-16> 철도부문의 교통사고비용 원단위

(단위: 만원/건)

구분		생산손실 비용	의료비용	물적피해 비용	행정비용	계
인 적 피 해	사망	48,786	1,058	802	112	50,756
	중상	2,094	978	901	2,977	6,950
	경상	117	12	15	316	460
물적피해		—	—	327	973	1,300

2) 대기오염비용

대기오염은 자동차의 통행에 의해 발생하며 본 연구에서는 대기오염 피해요인 중 일산화탄소(CO), 질소산화물(NOx), 탄화수소(HC), 미세먼지(PM), 이산화탄소(CO₂)를 고려한다. 이들 오염물질은 차량의 종류와 속도에 영향을 받으며 속도가 낮을수록 오염물질을 많이 발생시킨다. 환경비용 역시 현재 예비타당성 조사에서 사용되고 있는 한국개발연구원(2008)의 자료를 이용하였다. 그러나 대형버스의 오염물질 배출계수는 도심을 운행하는 시내버스의 배출계수이므로 본 연구에서 버스는 대형트럭의 오염물질 배출계수를 이용하도록 한다. 차종별, 속도별 대기오염비용은 아래와 같다.

<표 IV-17> 차종별, 속도별 대기오염비용

(단위: 원/km)

차종	속도	CO	NOx	HC	PM	CO2	합계
승용차	100km/h	3.40	2.84	1.34	1.15	5.56	9.69
	80km/h	4.09	3.16	1.42	1.15	6.15	11.36
	16.6km/h	22.74	8.83	4.86	1.15	13.84	46.82
	47.7km/h	6.62	4.23	1.75	1.15	7.87	17.00
버스	100km/h	12.62	133.26	7.08	27.84	55.47	231.67
	80km/h	14.69	144.90	7.87	30.47	60.40	253.72
	16.6km/h	47.62	268.77	18.29	59.67	113.59	503.33
	47.7km/h	21.13	176.35	10.11	37.68	73.81	314.47

V. 요금의 변화에 따른 적정 요금수준 추정

1. 개 요

본 장에선 III장에서 구축한 모형과 IV장에서 수집한 자료를 이용, 적정 대중교통 요금을 추정해 보았다. 적정요금 추정에 앞서 구축한 모형을 이용해 현황을 모사하고 현재 요금수준에서의 편익에 대해 살펴보았다. 그 후 ITX 요금을 변화시켜 요금의 변화에 따른 운영기관과 정부의 수입의 변화, 사회적 후생의 변화를 알아보고 이를 이용해 적정요금수준을 추정, 현재 요금수준과 비교해 보았다.

2. 모형을 이용한 현황모사

1) 수단분담률 현황

본 연구에서 설정한 모형을 이용, ITX 요금의 변화에 따라 서울~춘천을 통행하는 수단별 교통량을 비교하였다. 우선 ITX의 요금수준이 현재수준일 때 수단별 교통량과 수단분담률은 아래와 같다.

<표 V-1> 관측수단 분담률과 모형수단분담률의 비교

구 분	승용차		버스		철도	
	고속도로	일반국도	시외버스	시내버스	ITX	일반철도
관측수단분담률(%)	53.08		32.05		5.70	9.16
추정수단분담률(%)	25.33	27.75	15.25	16.80	5.70	9.16
추정통행량(통행/일)	71,936	78,818	43,303	47,719	16,197	26,022

모형의 추정결과 승용차와 버스통행 모두 고속도로를 이용하는 통행보다 일반국도를 이용하는 통행이 더 많음을 알 수 있다. 버스의 경우 본 연구에선 시외버스와 시내버스의 수단분담률에 대한 정산을 할 수 없지만 전체 버스에 대한 수단분담률 정산 결과 KTDB O/D의 수단분담률과 일치하며 시외버스와 시내버스의 차종별 비율이 본 연구에 크게 영향을 끼치지 않는다 판단하여 버스 차종별 정산은 따로 실시하지 않았다.

2) 현재 요금수준에서 수입 및 편익 산출

(1) 운영기관의 요금수입

현재의 요금수준일 때 ITX와 광역전철, 그리고 이 둘의 수입을 합한 철도공사의 요금수입은 아래와 같다.

<표 V-2> ITX와 광역전철의 수입에 영향을 주는 요소

단위: 인/일, 원/일				
ITX수요	광역전철수요	ITX수입	광역전철수입	전체수입
16,197	26,022	59,783,086	26,110,126	85,893,211

광역전철 수요는 ITX 수요의 약 1.5배를 넘지만 수입 측면에서 봤을 때 ITX의 수입은 광역철도의 2배가 넘는 수준으로 나타났다. 이는 ITX의 요금수준이 광역전철보다 높으며 광역전철의 65세 이상 노인 무임탑승비율이 월등히 높기 때문으로 보인다. 실제로 광역전철에 탑승한 승객 26,022명 중 8,849명은 무임탑승승객이라 철도공사의 수입에 영향을 끼치지 않는다.

(2) 정부의 수입

정부는 철도에서 발생하는 수입 외에 해당지역에서 운행하는 차량이 지불하는 유류세를 수입으로 한다. 반면 고속도로에서 발생하는 보조금은 정부의 수입에 있어 부정적인 영향을 끼친다. 다음은 현재 요금수준일 때 정부의 수입에 영향을 끼치는 요소들이다.

<표 V-3> 정부의 수입에 영향을 주는 요소

단위: 원/일		
철도수입	유류세수입	고속도로 보조금 지급액
85,893,211	444,631,691	-

위 표에서 알 수 있듯이 정부의 수입에선 유류세 수입이 가장 큰 영향을 끼친다. 그러나 본 연구에서는 특정 요금수준에 대한 이익의 크기를 보는 것이 아니라 ITX 요금의 변화에 따른 이익의 변화를 이용해 적정 요금을 추정하기 때문에 각 항목에 영향을 끼치는 절대값의 크기가 요금 결정에 있어 가장 큰 영향을 끼친다고 할 수는 없다.

(3) 사회적 편익

사회적 편익에선 모든 수단에서 발생하는 비용과 편익을 포함한 보상변화, 통행으로 인해 발생하는 사고비용과 대기오염비용과 같은 외부비용, 정부에서 부담하는 철도와 버스의 보조금을 모두 고려하고 있다. 다음은 현재 요금수준 일 때 사회적 편익에서 영향을 끼치는 요소와 크기를 나타낸 것이다.

<표 V-4> 사회적 후생에 영향을 주는 요소

단위: 원/일

통행자 후생 (보상변화)	유류세 수입	고속도로 보조금	사고비용	대기오염 비용	보조금 고려 철도운영 수입
8,175,093,959	444,631,691	—	322,394,785	253,904,869	— 5,960,276

운영기관의 수입, 정부의 수입과 마찬가지로 사회적 관점에서도 요금의 변화에 따른 후생의 크기를 이용해 적정요금을 추정하므로 각 요소가 차지하는 비용이 요금결정에 있어 결정적인 영향을 끼친 않는다. 그러나 보상변화의 경우 값이 크고 ITX 수요에 직접적으로 영향을 받는 요소이기 때문에 사회적 후생의 비교 시 큰 역할을 차지한다고 할 수 있다.

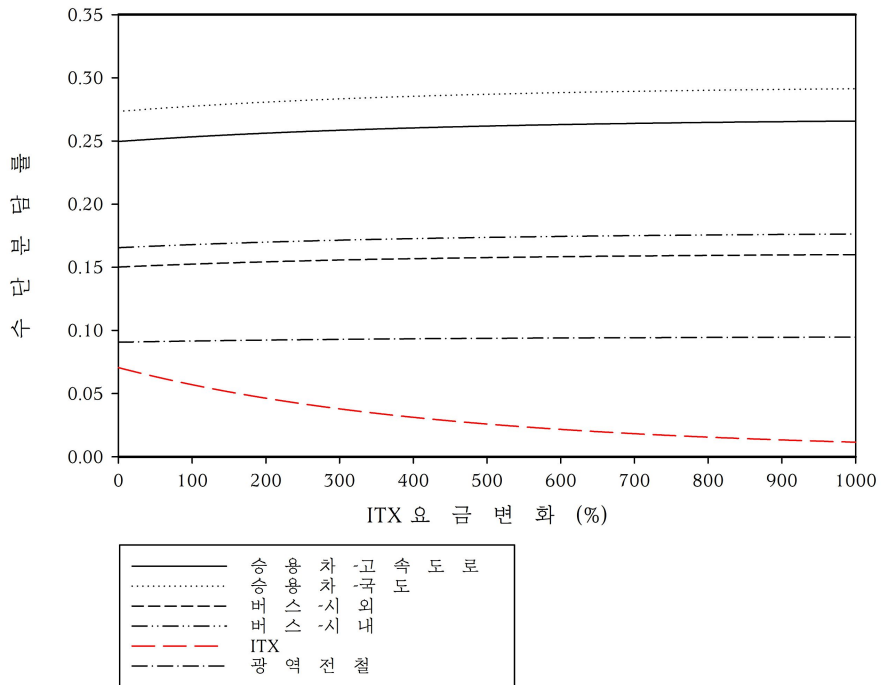
3) 요금변화에 따른 수단분담률 변화

현재 ITX는 기준 요금의 30%를 할인해서 운행하며 할인된 요금에 의해 현재 용산~춘천 간 6,900원의 요금으로 운행중이다. 현재 시행되고 있는 요금을 기준으로 요금을 25% 단위로 변화시킨 수단분담률은 <표 V-5>와 같다.

<표 V-5> ITX 요금변화에 따른 수단분담률 변화

단위: %

기준 요금 대비 ITX 요금		승용차 고속도로	승용차 일반국도	시외버스	시내버스	ITX	일반철도
요금(원)	변화율(%)						
0	0	24.96	27.34	15.02	16.56	7.06	9.07
1,725	25	25.06	27.45	15.08	16.62	6.69	9.09
3,450	50	25.16	27.56	15.14	16.69	6.34	9.12
5,175	75	25.25	27.66	15.19	16.75	6.01	9.14
6,900	100	25.33	27.75	15.25	16.80	5.70	9.16
8,625	125	25.41	27.84	15.30	16.86	5.41	9.18
10,350	150	25.48	27.93	15.34	16.91	5.14	9.20



<그림 V-1> ITX 요금의 변화에 따른 수단분담률의 변화

ITX 요금변화에 따른 수단분담률의 변화를 살펴보면 ITX 요금에 대해 ITX 수요는 민감하게 반응하나 다른 수단은 민감하지 않음을 알 수 있다. 요금의 변화에 대해 해당 수단의 수단분담률이 민감하게 반응하는 것은 당연한 결과이지만 ITX의 수단분담률이 현재요금 기준 5.7%에 지나지 않아 다른 수단의 수단분담률이 상대적으로 민감하지 않다고 할 수 있다. ITX와 다른수단 모두 현재 요금수준 (100%) 일 때 요금에 대한 수단분담률이 민감하나 요금이 인상될수록 요금에 대한 수단분담률의 변화는 작은 것으로 나타났다.

3. ITX 요금의 변화에 따른 적정요금 추정

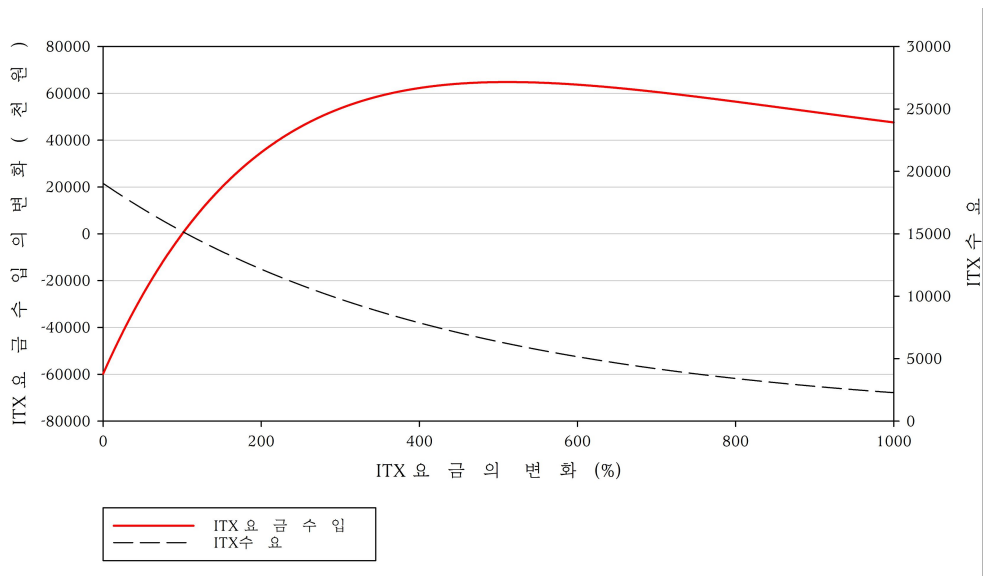
1) ITX 수입의 극대화

ITX 편익은 요금과 수요의 함수로 정의된다. 그러나 본 연구에선 ITX 요금과 ITX 수요가 동시에 변하기 때문에 그래프를 이용해 ITX 요금의 변화에 대한 ITX 요금수입의 변화를 살펴볼 것이다. 요금수준의 변화에 따른 ITX 수요와 요금수입의 변화는 아래와 같다.

<표 V-6> ITX 요금의 변화에 따른 ITX 요금수입의 변화

단위: 인/일, 원/일

기준 요금 대비 ITX 요금		ITX 수요	ITX 요금수입의 변화
요금(원)	변화율(%)		
13,800	200	12,162	34,822,736
20,700	300	9,765	53,591,640
27,600	400	7,868	62,289,965
34,500	500	6,359	64,827,710
35,190	510	6,226	64,848,798
41,400	600	5,155	63,724,723
48,300	700	4,189	60,594,890



<그림 V-2> ITX 요금의 변화에 따른 ITX 요금수입과 수요의 변화

위 표와 그래프를 보면 ITX 요금이 오를수록 ITX 요금수입은 함께 상승하나 요금이 현재 수준의 510%일 때 ITX 요금수입은 현재 요금수입보다 64,848,798원/일 을 더 벌어들이며 이 때 ITX의 요금수입은 극대화된다고 할 수 있다. ITX 요금수입의 극대화 조건에서 본다면 용산-춘천까지 ITX 요금은 현재 6,900원 보다 약 5.1배 높은 35,190원이 가장 적절한 요금수준이라고 할 수 있다. 하지만 현실적으로 요금을 5배 이상 인상하기란 어려우며 모형에서 정책적 상황을 반영할 수 없어 이러한 결과가 나왔다고 할 수 있다.

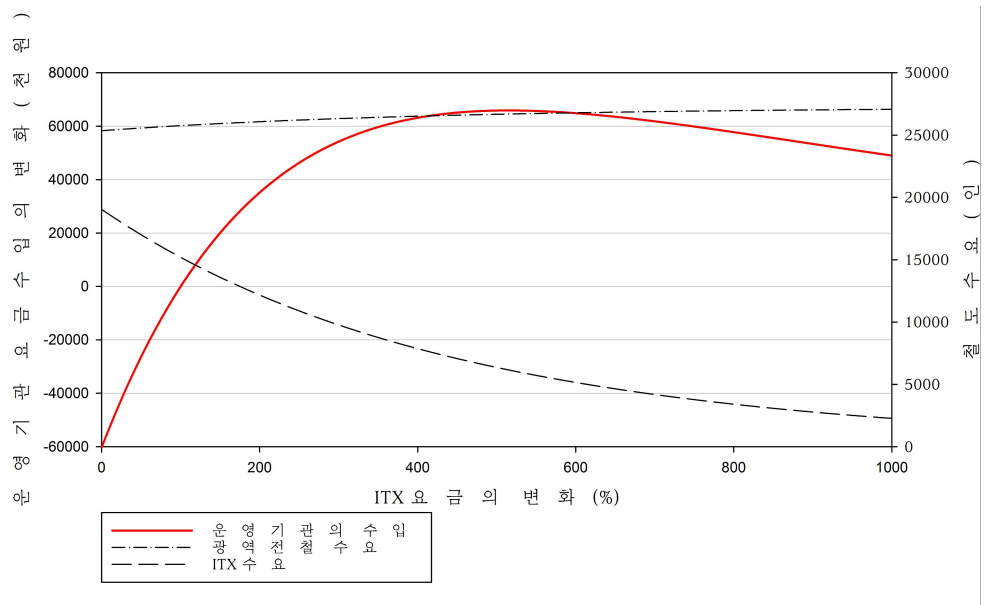
2) 운영기관 수입의 극대화

다음은 ITX와 일반철도의 수입을 함께 고려한 운영기관(한국철도공사)의 수입을 비교하였다. 그러나 일반철도의 수단분담률 변화는 ITX에 비해 민감하지 않기 때문에 일반철도의 수입의 차이는 ITX 수입의 차이와 크게 다르지 않게 나타났다. 다음은 일반철도 수입을 함께 고려한 운영기관 수입의 변화이다.

<표 V-7> ITX 요금의 변화에 따른 한국철도공사 요금수입의 변화

단위: 인/일, 원/일

기준 요금 대비 ITX 요금		광역전철 수요	운영기관 요금수입의 변화
요금(원)	변화율(%)		
13,800	200	17,384	35,191,430
20,700	300	17,549	54,238,872
27,600	400	17,678	63,148,289
34,500	500	17,779	65,847,017
35,535	515	17,793	65,886,545
41,400	600	17,860	64,867,760
48,300	700	17,924	61,833,809



<그림 V-3> ITX 요금의 변화에 따른 운영기관 요금수입과 수요의 변화

ITX 요금수입과 광역전철 요금수입의 합은 철도 운영기관이 서울~춘천에서 얻을 수 있는 이익이라 할 수 있으며 ITX 요금이 현재 수준의 515%일 때 최대가 되는 것으로 나타났다. 이는 ITX의 수요만을 비교했을 때와 크게 다를 바 없는데 ITX 요금에 대한 광역전철의 수요탄력성은 비탄력적이기 때문이다. 즉 ITX의 요금이 변한다 하더라도 광역전철의 운영엔 크게 영향을 끼치지 않으며 특히 ITX는 전체 수단 중 약 5.7%만을 차지하기 때문에 다른 수단에 끼치는 영향력이 작다고 할 수 있다. <그림 V-3>에서 볼 수 있듯이 요금의 변화에 대해 ITX의 수요는 크게 변하나 광역전철의 수요는 크게 변하지 않음을 알 수 있다. 운영자 전체의 수입을 고려했을 때 도 현재 수준보다 상당히 높은 용산~춘천 간 35,535원 일 때 최적의 요금이라 할 수 있는데 이것 역시 ITX 요금의 변화에 대해 광역전철 요금은 불변이라는 가정 하에 나온 결과이므로 더 유의미한 결과를 얻기 위해선 ITX와 광역전철 요금을 동시에 변화시켜야 한다고 판단하였다.

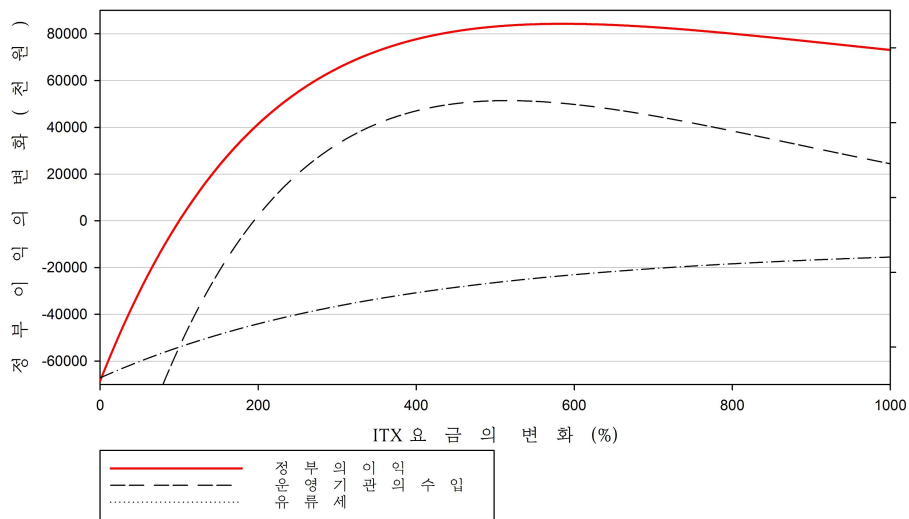
3) 정부의 관점

정부의 관점에선 요금수입과 유류세, 고속도로 보조금을 고려하였다. 이는 서울~춘천을 통행하는 전체 통행자에게 정부가 기대할 수 있는 수입과 지출을 뜻한다. 정부의 관점에서 바라본 적정요금은 다음과 같다.

<표 V-8> ITX 요금의 변화에 따른 정부 이익의 변화

단위: 원/일

기준 요금 대비 ITX 요금		요금수입의 변화	유류세의 변화	정부의 이익의 변화
요금(원)	변화율(%)			
13,800	200	35,191,430	6,227,449	41,418,879
20,700	300	54,238,872	10,940,152	65,179,024
27,600	400	63,148,289	14,517,688	77,665,978
34,500	500	65,847,017	17,250,243	83,097,260
40,365	585	65,177,418	19,071,260	84,248,678
41,400	600	64,867,760	19,353,360	84,221,120
48,300	700	61,833,809	20,985,113	82,818,922



<그림 V-4> ITX 요금의 변화에 따른 정부 이익의 변화

정부의 관점에서 바라본 이익은 현재 요금보다 585% 높은 요금수준일 때 최대가 되는 것으로 나타났다. 정부의 이익 중 가장 큰 비중을 차지하는 운영기관 수입의 경우 요금이 인상될수록 급격히 증가하다 일정 요금수준을 넘어서면 다시 감소하는 추세를 보인다. 고속도로 보조금의 경우 ITX 요금이 인상될수록 고속도로 승용차의 수요와 고속도로 톨게이트 수입은 증가하지만 이미 현재 ITX요금(서울~춘천 6,900원)일 때 고속도로는 보조금 없이 충분히 운영되므로 본 모형에서 제외시켰다. 마찬가지로 유류세 수입의 경우 고속도로 승용차, 국도 승용차 수요가 증가하며 현재보다 더 많은 유류세 수입을 올리게 된다.

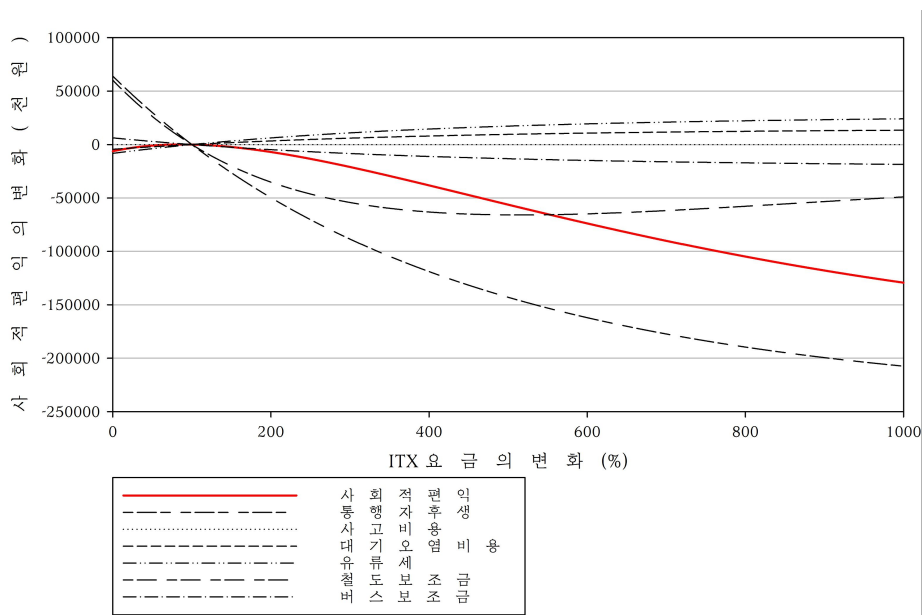
4) 사회적 관점

마지막으로 통행자 후생의 변화와 사고비용, 대기오염비용과 같은 외부비용, 유류세 수입과 교통수단별 보조금이 반영된 사회적 관점에서 편익의 변화를 알아보도록 하겠다.

<표 V-9> ITX 요금의 변화에 따른 사회적 편익의 변화

단위: 천원/일

기준 요금 대비 ITX 요금		통행자 후생의 변화	사고 비용의 변화	대기오염 비용의 변화	유류세의 변화	철도 보조금의 변화	버스 보조금의 변화	사회적 편익의 변화
요금(원)	변화율 (%)							
3,450	50	29,974	-3	-2,075	-3,826	26,279	2,920	-972
5,175	75	14,510	-1	-1,003	-1,847	12,279	1,410	-21
6,210	90	5,694	-1	-393	-723	4,716	552	95
6,900	100	0	0	0	0	0	0	0
8,625	125	-13,619	1	938	1,723	-10,731	-1,316	-788
10,350	150	-26,406	3	1,815	3,330	-20,074	-2,545	-2,274
13,800	200	-49,697	5	3,401	6,227	-35,159	-4,761	-6,955
20,700	300	-88,466	9	5,999	10,940	-54,188	-8,374	-20,972

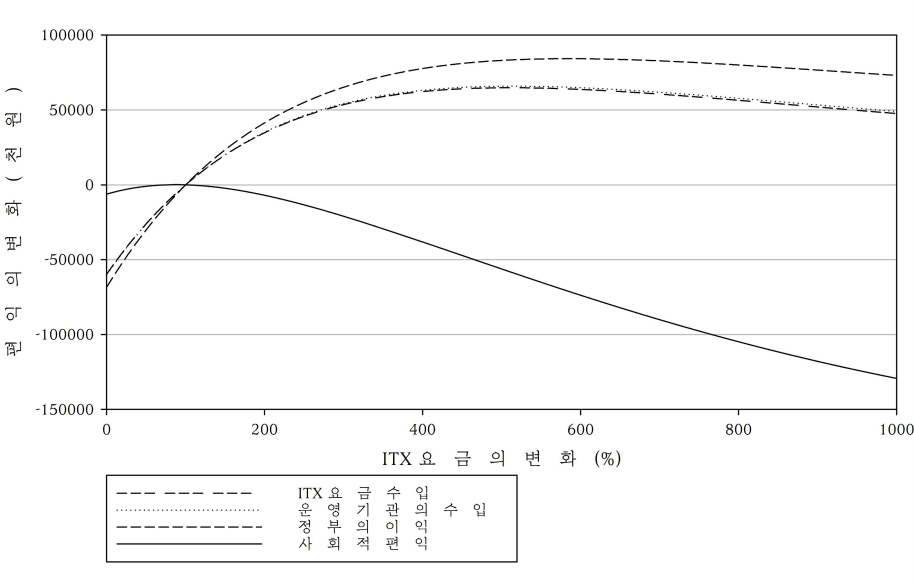


<그림 V-5> ITX 요금의 변화에 따른 사회적 편익의 변화

사회적 편익에서 가장 큰 부분을 차지하는 통행자 후생은 ITX 요금이 증가할수록 감소하고 있다. 그 이유는 통행자 후생의 경우 모든 수단의 효용을 금전가치화 한 것인데 ITX 요금이 증가할수록 ITX의 효용은 감소하지만 다른 수단의 효용은 변하지 않기 때문이다. 철도 보조금의 변화는 철도의 수입과 관계가 있으며 철도 수입이 증가할수록 보조금은 감소하는 경향을 보인다. 대기오염비용, 유류세의 경우 ITX 요금의 증가로 인한 승용차 수요의 증가로 우상향의 형태를 보인다. 버스보조금의 경우 버스 수요의 증가로 인한 버스의 요금수입 증가로 감소하는 형태를 보인다. 그러나 사고비용의 경우 ITX 요금이 증가해도 크게 변하지 않는데 그 이유는 모형에서 철도의 사고비용과 그 외의 수단에 대한 사고비용 모두가 고려되어 있기 때문이다. 즉 수단전환을 실시하더라도 사고가 없어지는 것이

아니라 단지 사고 확률과 사고비용만 변하기 때문에 전체 사고비용은 큰 차이가 발생하지 않는다.

사회적 편익의 변화 관점에서 봤을 때 적정요금은 현재 요금 수준보다 10% 낮은 6,210원 으로 나타났다. 이는 계획요금(9,800원) 대비 36% 인하된 현재 시행중인 요금체계와 같은 요금이다. 이는 다시 말해 현재 시행중인 할인요금이 기존 계획된 요금보다 사회적으로 편익이 더 크다는 것을 의미하고 현재 적정한 요금수준으로 운행이 되고 있다는 것을 의미한다. ITX 요금이 감소할수록 통행자 후생은 증가하나 요금이 현재수준 이하로 인하될 경우 철도 보조금이 크게 증가해 통행자 후생의 가치를 뛰어넘기 때문에 사회적 관점에서 봤을 때 부정적인 영향을 끼친다고 할 수 있다.



<그림 V-6> ITX 요금의 변화에 따른 운영기관, 정부, 사회적 편익의 변화

<표 V-10> 여러 관점 별 ITX 적정요금 추정결과

구분	ITX 수입	철도공사 수입	정부의 이익	사회적 편익
용산~춘천(원)	35,190	35,535	40,365	6,210
용산~춘천(%)	510	515	585	90

<그림 V-6>에서 알 수 있듯이 운영기관의 관점, 정부의 관점 모두 요금이 상승할수록 수입, 이익이 모두 상승하나 특정 지점부터 다시 감소하는 형태를 띤다. 이 지점의 요금을 운영기관의 수입, 정부의 이익이 최대가 되는 요금이라 하며 현재 요금수준부터 약 5~6배 요금이 인상될 때 까지 운영기관과 정부는 현재보다 높은 수입을 얻을 수 있다. 반면 사회적 관점에서 봤을 때 ITX 요금은 현재 시행 중인 요금 수준의 90%가 적정하며 현재 요금보다 요금이 인상될 경우 통행자 후생의 감소, 철도 보조금의 증가로 인해 전체 사회적 편익은 계속 감소하게 된다.

VI. 결 론

1. 연구의 결론

본 연구는 서두에서 설정한 목표와 같이 ITX의 요금변화를 통해 운영자, 정부, 사회적 관점에서의 편익의 변화를 살펴보고 그에 따른 ITX의 적정 요금수준을 추정해 보았다. 새로운 수단의 요금수준 추정 문제는 교통수요예측보다 상위 문제로 수요예측보다 우선시 되어야 하지만 현재는 간과되고 있는 실정이다. 특히 대중교통 적자 문제가 대두되면서 적정 요금을 징수하는 것은 적자를 해소하는 가장 기본적인 방법이지만 현재는 물가를 고려한 요금인상 억제정책만을 시행하고 있다. 이에 본 연구에서는 새로운 수단인 ITX의 적정 요금을 추정하였고 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 운영자의 관점에서 ITX 요금은 현재 수준보다 요금을 인상하는 방안이 더 적절하다 할 수 있다. 요금이 인상될수록 요금수입은 증가하지만 해당수단의 수요는 감소하게 된다. 그러나 요금인상에 대한 수요가 비탄력적이기 때문에 요금수입은 현재 요금의 510%까지 증가하다 이후 감소하는 추세를 보인다. ITX와 광역철도의 요금수입을 동시에 고려했을 때에도 결과는 유사하게 나타난다. 하지만 본 연구에서 사용한 다항로짓 모형은 수단별 요금, 통행시간과 같은 수단의 특성을 이용하기 때문에 현재의 물가, 타 수단과의 형평성 등은 고려하기 어렵다. 즉 운영자의 관점에서 봤을 때 적정한 요금을 추정했다 하더라도 사회적으로 용인되기 어려운 수준의 요금

이라면 적절한 요금이라 할 수 없다.

둘째, 정부의 관점에도 ITX 요금은 현재 수준보다 요금을 인상하는 방안이 더 적절하다 할 수 있다. 정부의 관점에서 가장 큰 영향을 끼친 항목은 운영기관의 수입으로 운영기관의 수입에 따라 정부의 수입도 변하는 모습을 볼 수 있다. 그러나 유류세 수입과 고속도로 보조금 항목이 추가되어 운영자의 관점에서 그래프가 이동한 모습을 볼 수 있다. 본 연구의 대상이었던 서울~춘천간 고속도로는 BTO 방식으로 건설되었기 때문에 고속도로에 대한 정부의 수입이 없었는데 다른지역으로 대상을 옮길 경우 다른 모습을 보일 것이라 판단된다.

셋째, 위의 두 경우와 다르게 사회적 관점에서는 기본요금에서 30% 인하한 요금인 현재 시행중인 할인요금수준의 90%가 적절한 요금이라 할 수 있다. 사회적 관점에서는 통행자 후생의 변화와 철도 보조금의 변화가 가장 큰 영향력을 보이는데 ITX 요금이 감소할수록 통행자 후생과 철도 보조금은 증가한다. 그러나 철도 보조금은 부정적 영향을 끼치기 때문에 두 비용이 상쇄되며 비슷한 수준을 보이게 된다. 결국 사고비용, 환경비용과 같은 외부비용과 유류세, 버스 보조금 등이 모두 사회적 편익 산정에 유의미한 영향력을 끼치게 되며 현재 수준의 요금일 때 사회적 관점에서의 ITX 요금은 적정수준이라 할 수 있다.

하지만 본 연구의 서두에서 밝혔다시피 요금의 추정방법에 있어 휴리스틱 방법을 적용하였기 때문에 추정한 요금을 전역해라 할 순 없다. 네트워크와 교통수단 또한 실제 존재하는 네트워크와 수단을 이용해 현실을 모사하였지만 계산이 가능하도록 최대한 단순화 시켰

기 때문에 적지 않은 오차가 발생할 여지도 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구가 의미있는 이유는 기존에 관행적으로 여겨지던 요율에 의한 요금산정에서 벗어나 교통 수요와 요금수입, 사회적 편익을 모두 고려한 요금을 산정한 것에 있다.

2. 연구의 한계 및 향후 연구과제

본 연구에서는 현황을 최대한 모사하며 이를 바탕으로 적정 요금을 추정하였으나 다음과 같은 한계가 드러났다.

첫째, 네트워크를 도시간 통행 위주로 통합하다 보니 상대적으로 비중이 적은 도시내 통행의 모사가 부족했다. 서울의 경우 도시의 규모가 크고 구 끼리의 통행에도 많은 통행시간과 비용이 필요함에도 불구하고 이를 하나의 존으로 가정해 요금을 추정하였다. 물론 존간 통행량과 통행비용을 이용해 가중평균 한 값을 접근통행비용에 적용하였지만 그럼에도 불구하고 도시내 통행이 정확하게 추정되지 않은 것은 부정할 수 없는 사실이다.

둘째, 수단선택 모형에서 수단고유상수를 추정 시 보다 정확하게 파라미터를 추정하기 위해 SP조사와 RP조사를 실시해야 하지만 시간적, 금전적 제약 때문에 조사를 할 수 없어 파라미터를 KTDB의 O/D에 맞게 수정하였다. 그러나 이런 과정은 개략네트워크를 이용했기에 가능했으며 실제 네트워크를 이용할 경우에는 파라미터 추정이 어려웠을 것이다.

이에 본 연구에서는 다음과 같은 연구를 향후 연구과제로 제시한다.

첫째, ITX 뿐 아니라 KTX, 광역전철, 버스와 같은 국내에서 운영

되고 있는 모든 대중교통은 단순요율에 의한 요금체계를 적용하고 있다. 이를 본 연구와 같은 방법을 적용한다면 해당 지역의 수단별 대중교통 요금을 추정할 수 있을 것이다. 그러나 같은 수단이라도 지역별로 요금이 다르게 추정될 가능성이 높으므로 이를 조정하는 문제 역시 향후 연구과제로 남는다.

둘째, 본 연구에선 하나의 수단에 대해 적정 요금을 찾았지만 다차원 배열을 이용한다면 충분히 여러 수단에 대해서도 적정요금 추정이 가능할 것이다. 이를 이용해 현재 운영되고 있는 대중교통의 요금수준에 대해 평가할 수 있으며 휴리스틱한 방법으로나마 모든 수단의 적정 요금을 찾을 수 있다. 그러나 대상지역이 넓어질수록, 수단이 다양해질수록 해를 찾기 어려워지는 단점이 있다. 즉 여러 수단을 동시에 고려할 때의 적정 규모에 대한 연구가 필요하고 일정 규모가 정해지면 이를 이용해 여러 수단의 요금을 동시에 추정하는 연구가 필요하다.

※ 국내문헌

1. 경기개발연구원(2006), “경기도 대중교통 종합계획 수립 연구”.
2. 고준호(1999), 선택수단제약과 표본추출방법을 고려한 수단선택모형에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
3. 국토연구원(1999), “도로사업 투자분석기법 정립”.
4. 국토해양부(2012), “2011 도로교통량 통계연보”.
5. 김형주, 장수은(2012), “혼합군집분석 기법을 이용한 도로 교통량의 침투율 산정”, 「대한교통학회지」, 30(1): 19-30.
6. 서울시정개발연구원(2006), “통합요금제 시행에 따른 서울시 대중교통 요금정책 연구”.
7. 수도권 교통본부(2009), “수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구”.
8. 이장호(2009), “고속철도 수요분석을 위한 지역간 통행수단 선택모형 구축”, 「교통연구」, 16(2): 29-40.
9. 임강원, 임용택(2003), 「교통망분석론」, 서울: 서울대학교출판부.
10. 전미현(2002), 교통수요관리방안의 형평성과 효율성 분석, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문.
11. 한국교통연구원(2008), “2007년 국가교통DB구축사업 제9권 광역권 여객 기종점통행량 전수화”.
12. 한국개발연구원(2008), “도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)”.
13. 한국철도시설공단(2010), “철도투자평가편람 전면개정 연구”.

※ 국외문헌

1. Asensio J. et al.(2003), "Redistributive Effects of Subsidies to Urban Public Transport in Spain", *Transport Reviews*. 23(4): 433-452.
2. Black, A.(1995), *Urban Mass Transportation Planning*, New York: McGraw-Hill.
3. Gerard, D. J. et al.(2006), "The Logsum as an Evaluation Measure: Review of the Literature and New Results", *Transportation Research Part A*, 41(2007): 874-879.
4. Inturri, G. and Ignaccolo, M.(2011), "Modelling the Impact of Alternative Pricing Policies on an Urban Multimodal Traffic Corridor", *Transport Policy*, 18: 777-785.
5. Gomez-Ibanez, J.A.(1996), "Big-City Transit Rider snip, Deficits, and Politics: Avoiding Reality in Boston", *Journal of the American Planning Association*, 62(1): 30-50.
6. Hotelling, H.(1938), "The General Welfare in Relation to Problems of Taxation and Railway and Utility rate", *Econometrica*, 6(3): 242-269.
7. Huang, H. J.(2002), "Pricing and Logit-Based Mode Choice Models of a Transit and Highway System With Elastic Demand", *European Journal of Operational Research*, 140: 562-570.
8. Small, K. A. and Verhoef, E. T.(2007), *The Economics of Urban Transportation*, New York: Routledge.
9. Small, K. A. and Rosen, H. S.(1981), "Applied welfare economics

- with discrete choice models", *Econometrica*, 49: 105-130.
10. Fitch, L. C. et al.(1964), *Urban Transportation and Public Policy*, San Francisco: Chandler Publishing Company.
 11. Mankiw, N. G.(2008), *Principles of Economics (5th ed.)*, South-Western: Cengage Learning.
 12. Matas, A.(2004), "Demand and Revenue Implications of an Integrated Public Transport Policy: The Case of Madrid", *Transport Reviews*, 24(2): 195-217.
 13. Nelson, P. et al.(2007), "Transit in Washington, DC: Current Benefits and Optimal Level of Provision", *Journal of Urban Economics*, 62(2): 231-251.
 14. Pickrell D. H.(1985), "Rising Deficits and the Uses of Transit Subsidies in the United States", *Journal of Transport Economics and Policy*, 19(3): 281-298.
 15. Viton P. A.(1995), "Private roads", *Journal of Urban Economics* 37(3): 260-289.
 16. Williams, H.C.W.L.(1977), "On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit", *Environmental and Planning A*, 9(3): 285-344.

[부록 1] 존간 수단별 통행거리

(단위: km)

고속도로	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	45.27	81.51	111.94
남양주	45.27	—	60.36	72.69
가평	81.51	60.36	—	72.73
춘천	111.94	72.69	72.73	—

(단위: km)

일반국도	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	23.64	65.02	92.66
남양주	23.64	—	39.84	65.09
가평	65.02	39.84	—	28.76
춘천	92.66	65.09	28.76	—

(단위: km)

ITX	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	44.08	76.00	103.89
남양주	44.08	—	39.22	67.11
가평	76.00	39.22	—	32.83
춘천	103.89	67.11	32.83	—

(단위: km)

광역전철	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	34.49	66.41	94.30
남양주	34.49	—	39.22	67.11
가평	66.41	39.22	—	32.83
춘천	94.30	67.11	32.83	—

[부록 2] 존간 수단별 통행시간

(단위: 분)

고속도로	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	58.36	81.42	98.35
남양주	58.36	—	56.36	62.43
가평	81.42	56.36	—	57.24
춘천	98.35	62.43	57.24	—

(단위: 분)

일반국도	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	62.44	92.07	113.12
남양주	62.44	—	33.05	52.31
가평	92.07	33.05	—	23.66
춘천	113.12	52.31	23.66	—

(단위: 분)

ITX	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	56.78	66.27	82.67
남양주	56.78	—	28.05	44.45
가평	66.27	28.05	—	23.44
춘천	82.67	44.45	23.44	—

(단위: 분)

광역전철	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	66.78	92.77	119.17
남양주	66.78	—	39.55	65.95
가평	92.77	39.55	—	33.94
춘천	119.17	65.95	33.94	—

[부록 3] KTDB O/D

(단위: 통행)

승용차	서울	남양주	가평	춘천	계
서울	0	63,528	5,415	4,207	73,150
남양주	47,881	0	1,288	949	50,118
가평	5,510	1,352	0	3,986	10,848
춘천	5,675	1,147	4,588	0	11,410
계	59,066	66,027	11,291	9,142	145,526

(단위: 통행)

버스	서울	남양주	가평	춘천	계
서울	0	38,657	1,922	1,900	42,479
남양주	39,255	0	364	26	39,645
가평	2,194	401	0	397	2,991
춘천	2,190	25	535	0	2,750
계	43,639	39,082	2,822	2,323	87,866

(단위: 통행)

철도	서울	남양주	가평	춘천	계
서울	0	14,786	2,067	2,794	19,647
남양주	16,823	0	93	577	17,493
가평	1,827	71	0	213	2,111
춘천	2,739	603	196	0	3,537
계	21,389	15,459	2,355	3,584	42,787

(단위: 통행)

계	서울	남양주	가평	춘천	계
서울	0	116,970	9,404	8,901	135,275
남양주	103,959	0	1,745	1,552	107,256
가평	9,531	1,823	0	4,596	15,950
춘천	10,604	1,775	5,319	0	17,697
계	124,094	120,568	16,467	15,049	276,179

[부록 4] 수정된 O/D

(단위: 통행)

승용차	서울	남양주	가평	춘천	계
서울	0	63,528	5,415	4,207	73,150
남양주	47,881	0	1,288	949	50,118
가평	5,510	1,352	0	3,986	10,848
춘천	5,675	1,147	4,588	0	11,410
계	59,066	66,027	11,291	9,142	145,526

(단위: 통행)

버스	서울	남양주	가평	춘천	계
서울	0	38,657	1,922	1,900	42,479
남양주	39,255	0	364	26	39,645
가평	2,194	401	0	397	2,991
춘천	2,190	25	535	0	2,750
계	43,639	39,082	2,822	2,323	87,866

(단위: 통행)

ITX	서울	남양주	가평	춘천	계
서울	0	2,977	1,344	3,017	7,338
남양주	3,264	0	193	527	3,984
가평	1,194	186	0	210	1,591
춘천	2,953	562	208	0	3,723
계	7,411	3,725	1,745	3,754	16,636

(단위: 통행)

광역전철	서울	남양주	가평	춘천	계
서울	0	6,078	2,745	6,160	14,983
남양주	6,665	0	395	1,076	8,135
가평	2,438	381	0	429	3,248
춘천	6,030	1,147	424	0	7,601
계	15,133	7,605	3,564	7,665	33,968

[부록 5] 수단별 요금(현재)

(단위: 원)

고속도로	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	1,700	3,900	5,800
남양주	1,700	—	2,200	4,300
가평	3,900	2,200	—	2,800
춘천	5,800	4,300	2,800	—

(단위: 원)

시외버스	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	4,056	7,050	7,550
남양주	4,056	—	5,408	8,350
가평	7,050	5,408	—	6,517
춘천	7,550	8,350	6,517	—

(단위: 원)

시내버스	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	2,000	2,700	8,062
남양주	2,000	—	2,300	5,663
가평	2,700	2,300	—	4,300
춘천	8,062	5,663	4,300	—

(단위: 원)

광역전철	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	1,250	1,850	2,650
남양주	1,250	—	1,550	2,350
가평	1,850	1,550	—	1,450
춘천	2,650	2,350	1,450	—

(단위: 원)

ITX	서울	남양주	가평	춘천
서울	—	3,000	4,800	6,900
남양주	3,000	—	3,000	4,300
가평	4,800	3,000	—	3,000
춘천	6,900	4,300	3,000	—

ABSTRACT

An Estimation of Optimal Metropolitan Railway Fares on an Regional Multimodal Traffic Corridor: A Case Study of "ITX-Cheongchun"

Bumsik Kim

Transportation Studies

Department of Environmental Planning

Graduate School of Environmental Studies

Seoul National University

The Seoul Metropolitan Government announced public transport fares adjust plan that increased transport fares from 900won (0.85 USD) to 1,050won (1.00 USD) at February 25, 2012. Since April 2007, public transport fare has not been increased. The government said that Seoul's public transport operation cost would go into the red to the extent of 3,508 billion won during last 7 years (550 billion in 2005, 911 billion in 2011). Now, it needs to raise the public transportation fares to cover the deficits. The Seoul Metropolitan Government announced "Management Innovation for Seoul Public Transport Operation Agency and Fare-Raising Plan".

The Seoul government announced that 102 billion won of total deficit 911 billion was made up through the management

innovation, and 312 billion won was made up by adjusting the public transport fares. However, there will be still 496 billion won left. Originally to make up for the deficits, it needs to increase 388 won, but the government increased only 150 won to lessen citizen's burdens. However, it was a disproof that fares did not reflect the current characteristics of people's movement and traffic demand.

Nowadays the public transport fares have been decided just by price stabilization, political situation and simple rate; but the demand and supply have not been considered. This study aimed to estimate a reasonable fare level for new travel mode (ITX the EMU train) and to find out gaps between current and estimated fares. Especially, this study considered that the change of competitor means demand and income followed by changing fares, and optimal fares in views of operator, government and social welfare.

This study, firstly, estimated modal shares by using Multinomial Logit Model with simplified networks, and then estimated the number of inter-regional trips by using O/D data of KTDB. The estimated O/D was used to calculate the differences of benefits and social welfares in views of the operators, governments and societies. At this time, the operator benefits consisted of fares and demands of ITX, the government benefits

consisted of oil taxes and subsidies, the social welfares consisted of external costs, utility of person calculated by using compensating variation.

In the operator's perspectives, the optimal fares mean the fares to maximize profits. It is closely related to fares and demands. In the government perspectives, the optimal fares mean the fares to maximize government benefits. It is closely related to the demands of highways and rails. Lastly, in the societal perspective, the optimal fares mean fares to maximize total social welfares, it is closely related to the demands and fares.

The results were that the fares of ITX need to be raised by 5.1 times in the operator's perspectives. In the whole rail operator's perspectives, the fares are required to be raised by 5.15 times. In the government perspectives, the optimal fares need to be raised by 5.85 times. However, it practically do not seem to be possible to raise fares over 5 times, it may be because those models did not considered the current states of political, social situations. On the other hand, in the societal perspectives, the optimal fares indicated that only 10% decreases are required. These fares were almost equal to the current fares. In other words, the current fares (6,900 won) are more beneficial than the previously planned fares (9,800 won), and the current fares seemed to be more reasonable than the planned fares.

However, because this study used kinds of Heuristic methods to estimate the optimal fares, the estimated fares, therefore, can be a local solution, not a global solution. In addition, because this study simulated and analyzed using the simplified networks, a slight of gaps could exist between real and estimated fares.

Nevertheless, the results of this study seem to be meaningful because this study considered all aspects of the transport demands, profits from the fares and social welfares. It is not determined by simple rates which were monotonously decided by some government officers.

**Keywords : public transport fares, ITX, Multinomial Logit
Model, compensating variation**

Student Number : 2010-23869